الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE YAHIA FARES DE MEDEA

FACULTE DE TECHNOLOGIE

Département de Génie Électrique



Mémoire de Fin d'Études de Master

Filière : Électronique
Spécialité : Instrumentation

Thème

Supervision et contrôle d'un système industriel autour d'un API S7-1200 de SIEMENS en utilisant les Bus de communication industriels PROFINET et l'IHM : *Application à une station d'épuration d'eau*

Présenté par,

Mr. ABDENNEBI Hamza

Mr. OUKRIF Abderrahman

Dirigé par,

Dr BOUHEDDA Mounir

Promotion 2019

Travail préparé au sein du Laboratoire des Systèmes Électroniques Avancés (LSEA) de l'Université de Médéa, ALGÉRIE

Remerciement

Tout d'abord, nous rendons grâce à Dieu, le tout puissant, le clément et le miséricordieux qui nous a aidé à terminer ce mémoire de fin d'étude.

On tient à exprimer notre profonde gratitude au directeur de ce mémoire DR ***BOUHEDDA MOUNIR*** *pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils.*

On remercie également DR ***AMOKRANE ZOUHIR*** *pour nous offrir la possibilité de travailler au laboratoire durant les vacances et aussi toute l'équipe pédagogique de l'université de MEDEA, qui nous a fourni les outils nécessaires à la réussite de nos études universitaires. Nos remerciements vont également à nos camarades de la promotion d'instrumentation pour toute l'aide et le soutient qu'ils nous ont apporté.*

Dédicaces

Je tien à dédier ce mémoire de fin d'étude a ma chère maman pour son amour infini, pour son soutien incorporable, pour sa compréhension qui n'a pas d'équivalent, avec mes sentiments d'amour et de respect les plus chaleureux, à mon père, à qui je dois tant et tout, symbole du courage et du sacrifice, sa patience et son aide qui m'ont toujours encouragées et soutenue au cours de la période de mes études, je souhaite que ce travail soit un témoignage de ma profonde affection et reconnaissance du sacrifice du sacrifice de mon père.

ABDENNEBI

Je dédie ce modeste travail à

Mes parents, aucun hommage ne pourrait être à la hauteur de l'amour dont ils ne cessent de me combler. Que dieu leur procure bonne santé et longue vie. A mes frères et sœurs et à toute ma famille

Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce projet soit possible, je vous dis merci.

OUKRIF

Table des matières

Table des matières ……..……..I

Liste des Figures ……..……VI

Liste des Tableaux ……..……..……..IX

Introduction générale ……..……...1

Chapitre I : **Réseaux de communication en automatisme industriel**

I.1 Introduction 4
I.2 Termes techniques du réseaux/bus de terrain 4
I.3 Topologie des réseaux 4
I.3.1 Topologie en bus 5
I.3.2 Topologie en étoile 5
I.3.3 Topologie en anneaux 6
I.3.4 Topologie en maillée 6
I.4 Modèle OSI 7
I.4.1 Couche 7: application 8
I.4.2 Couche 6: présentation 8
I.4.3 Couche 5 : session 8
I.4.4 Couche 4: transport 8
I.4.5 Couche 3: Réseau 8
I.4.6 Couche 2 : liaison de données 9
I.4.7 Couche 1: physique 9
I.5 Trame…. 9
I.6 Classification des réseaux industriels 10
I.7 Bus de terrain 10
I.7.1 Réseau (Bus) CAN 10
I.7.2 MODBUS RTU 11
I.7.3 BUS ASI 11
I.8 PROFIBUS 11
I.8.1 Introduction 11
I.8.2 Fonctions de communication 12

I.8.3 Protocol PROFIBUS 13
I.8.4 Connectivité en réseau 14
I.8.4.1 Réseaux cuivre 14
I.8.4.2 Propriétés du réseau cuivre 14
I.8.5 Couche physique 15
I.8.6 Méthode d'accès 15
I.9 PROFINET 16
I.9.1 Introduction 16
I.9.2 PROFINET et le modèle OSI 16
I.9.3 Caractéristiques de la couche physique 17
I.9.4 Câble et connectique PROFINET 18
I.9.5 PROFINET IO 19
I.9.6 Topologie et STEP 7 19
I.9.6.1 Éditeur de topologie SIMATIC 19
I.9.6.2 Attribution d'adresse 20
I.9.7 Priorisation des trames PROFINET 21
I.10 Comparatif PROFIBUS/PROFINET 22
I.11 Conclusion 22

Chapitre II : Présentation de la maquette PROFIBUS/PROFINET MAQ-NET de LANGLOIS

II.1 Introduction 24
II.2 Présentation de la maquette MAQ-NET de LANGLOIS 24
II.2.1 Définition de l'Automate programmable 25
II.2.1.1 Choix de l'automate 26
II.2.1.2 Choix de gamme d'API 26
II.2.1.3 Architecture d'un API 27
II.2.1.4 Caractéristique technique 27
II.2.2 Interface homme machine IHM 28
II.2.3 Module d'E/S décentralisée : ET200S 29
II.2.3.1 Module d'interface IM151-1 BASIC (6ES7151-1CA00-0AB0) 29
II.2.3.2 Module d'interface IM151-3 PN (6ES7151-3AA23-0AB0) 30

II.2.3.3 Temps de réponse 31
II.2.4 Module de communication CM 1243-5 32
II.2.5 Variateur de vitesse siemens G120 33
II.2.6 Alimentation 33
II.2.7 Boitiers de commande et supervision 33
II.3 Conclusion 34

Chapitre III : Description de TIAPORTAL

III.1 Introduction 36
III.2 TIA Portal (Totally Integrated Automation) 36
III.2.1 Description du logiciel TIA Portal 36
III.2.2 SIMATIC STEP 7 37
III.2.3 Vues du TIA Portal 37
III.2.3.1 Vue du portal 37
III.2.3.2 Vue du projet 37
III.2.4 Avantages du logiciel TIA portal 38
III.3 Étapes d'automatisation logicielle 39
III.3.1 Création du projet 39
III.3.2 Configuration matérielle 40
III.3.2.1 Ajout de l'API 40
III.3.2.2 Ajout de l'IHM 41
III.3.2.3 Ajout de périphériques décentralisés 41
III.3.2.4 Établissement d'une liaison IHM/API/IM151-3 PN 42
III.3.2.5 Adressage des entrées et sorties 43
III.4 Conclusion : 43

Chapitre IV : Programmation et supervision

IV.1 Introduction 45
IV.2 Cahier des charges 45
IV.2.1 Organigramme de fonctionnement 46
IV.3 Programmation de l'automate : 47

IV.3.1 Définition des variables : 47
IV.3.2 Ajout des blocs de programmation 48
IV.3.2.1 Choix de bloc et de langage 49
IV.3.3 Programme principale 50
IV.3.4 Programme principale main [OB1] 50
IV.3.4.1 Programme de la marche / arrêt du système 51
IV.3.4.2 Condition d'ouverture la vanne principale 51
IV.3.4.3 Condition d'appel du programme de l'esclave 1 53
IV.3.4.4 Programme d'arrêt du remplissage du bac1 53
IV.3.4.5 Programme de détection de défaillance du détecteur de niveau 54
IV.3.4.6 Tempe de stabilisation des eaux 55
IV.3.4.7 Évacuation des eaux vers le bac 3 55
IV.3.4.8 Programme de déclanchement d'alarme 57
IV.3.4.9 Clignotement de la LED d'alarme des filtres 57
IV.3.4.10 Programme d'arrêt urgence (OFF) 57
IV.3.4.11 Animation du niveau d'eau au niveau d'IHM 59
IV.3.4.12 Programmation des alarmes 60
IV.3.5 Mise en place de l' IHM 61
IV.3.5.1 Étape de réalisation de l'IHM 61
IV.3.5.2 Hiérarchie des vues 62
IV.3.5.3 Création des vues : 62
IV.3.5.4 Variables IHM 69
IV.3.5.5 Création des éléments des vues 69
IV.3.5.6 Configuration des éléments des vues 70
IV.4 Tests et résultats 72
IV.4.1 Connexion TIA PORTAL MAQ-NET 72
IV.4.1.1 Envoi du programme vers l'API et L'IHM 73
IV.4.2 Démarrage du système 73
IV.4.3 Les Différents scénarios de déroulement du processus 75
IV.4.3.1 Premier scénario 75
IV.4.3.2 Deuxième scénario 80
IV.4.3.3 Troisième scénario 82
IV.4.3.4 Durée de vie des filtres 82

IV.5 Conclusion 84

Conclusion général……..……..…...**86**

Liste des figures

Figure I. 1: Topologie des réseaux en bus. 5
Figure I. 2: Topologie des réseaux en étoile. 5
Figure I. 3: Topologie des réseaux en anneaux. 6
Figure I. 4: Topologie des réseaux en maillée. 6
Figure I. 5: Constitution d'une trame 9
Figure I. 6: Aperçu général d'une architecture PROFIBUS. 12
Figure I. 7: Protocol architecture. 13
Figure I. 8: PROFIBUS FastConnect RS485. 14
Figure I. 9: PROFINET dans le modèle OSI. 14
Figure I. 10: Structure du câble PROFINET. 18
Figure I. 11: connecteurs PROFINET. 19
Figure I. 12: Priorisation des trames PROFINET. 21
Figure II. 1: Maquette MAQ-NET de LANGLOIS0. 25
Figure II. 2: Automate S7-1200. 26
Figure II. 3 : Vu de face de l'API SIEMENSE S7-1200. 27
Figure II. 4: IHM KTP700 basic. 29
Figure II. 5: Module d'interface IM 151-1 PROFIBUS. 30
Figure II. 6: Module d'interface IM 151-3 PROFINET. 31
Figure II. 7 : Module de communication CM 1243-5. 33
Figure III. 1: Logo de TIA PORTAL. 36
Figure III. 2: Illustration de la construction de TIA portal 36
Figure III. 3: Vue du portal V15. 37
Figure III. 4: Vue du projet. 38
Figure III. 5: Planification d'une solution d'automatisation. 39
Figure III. 6: étape de création du projet. 39
Figure III. 7: Planification de la configuration. 40
Figure III. 8: Ajout d'API. 40
Figure III. 9: Description de l'appareil ajouté. 41
Figure III. 10: Ajout d'IHM. 41
Figure III. 11: Ajout d'un périphérique décentralise. 42
Figure III. 12: liaison IHM/API/ IM151-3 PN. 42
Figure IV. 1: Hiérarchie du système. 45
Figure IV. 2 : Schéma de fonctionnement. 45

Figure IV. 3: Organigramme de processus. 46
Figure IV. 4: Les étapes de programmation. 47
Figure IV. 5: Partie de la table de variables. 48
Figure IV. 6: Exemple des variables. 48
Figure IV. 7: Choix de bloc et de langage. 49
Figure IV. 8: Onglet de sélection des taches et instructions de TIA PORTAL. 50
Figure IV. 9: Partie du programme principale du système. 51
Figure IV. 10: Réseau de démarrage. 52
Figure IV. 11: Conditions d'ouverture la vanne principal. 52
Figure IV. 12: Condition d'appeler la fonction 1. 53
Figure IV. 13: Programme de surveillance du l'opération de remplissage. 54
Figure IV. 14: Partie du Programme de détection de la défaillance des détecteurs de niveau. 55
Figure IV. 15 : Temps de stabilisation. 56
Figure IV. 16: Partie du Programme d'évacuation vers bac 3. 56
Figure IV. 17: Détection des pannes. 57
Figure IV. 18: Programme de clignotement de la LED d'alarme. 58
Figure IV. 19: Programme d'arrêt d'urgence. 58
Figure IV. 20: Programme esclave du premier réservoir (FC1). 59
Figure IV. 21: Programme d'alarme de niveau d'eau. 60
Figure IV. 22: Programme d'alarme des filtres. 61
Figure IV. 23: Étapes de réalisation de l'IHM. 61
Figure IV. 24: Hiérarchie des vues. 62
Figure IV. 25: Vue session. 63
Figure IV. 26: Vue choix de l'utilisateur. 63
Figure IV. 27: Vue de supervision de l'animation. 64
Figure IV. 28: Vue supervisions des indicateurs. 65
Figure IV. 29: Vue "Menu". 66
Figure IV. 30: Vue alarmes. 66
Figure IV. 31: Vue information du projet. 67
Figure IV. 32: Vue informations du matériel. 67
Figure IV. 33: Taches diverses. 68
Figure IV. 34: Vue Gestion des utilisateurs. 68
Figure IV. 35: Partie de la table de variables IHM. 69
Figure IV. 36: Création des éléments par le logiciel CS6. 70

Figure IV. 37: Configuration d'une pompe. 71
Figure IV. 38: Configuration des boutons de vue. 71
Figure IV. 39: Evènement liée à un bouton. 72
Figure IV. 40: Configuration des alarmes. 72
Figure IV. 41: Envoi des programmes. 73
Figure IV. 42: Démarrage du système. 74
Figure IV. 43: IHM montrant Bac 1 rempli 75
Figure IV. 44 : Prendre en considération l'état du capteur SWC 76
Figure IV. 45 : Evacuation du bac 1 vers bac 3 76
Figure IV. 46: Refiltrage du bac 1 vers bac 2 77
Figure IV. 47: Evacuation de l'eau du bac 2 vers bac 3. 78
Figure IV. 48: LED H6 indicatrice d'état de la vanne 6. 79
Figure IV. 49: Refiltrage du bac 2 vers bac 1. 79
Figure IV. 50: Dépassement du niveau maximal autorisé. 80
Figure IV. 51: Déclenchement de l'alarme (a et b). 81
Figure IV. 52: Vidange du réservoir. 81
Figure IV. 53: Arrêt du remplissage au niveau souhaité. 82
Figure IV. 54: déclenchement de l'alarme (a) et (b) 83
Figure IV. 55: Bouton de confirmation RAZ FILTRE. 83

Liste des tableaux

Tableau I. 1: Couches ISO 7
Tableau I. 2: Besoins et les contraintes de communication. 10
Tableau I. 3: Distances autorisées en fonction de la vitesse de transmission 14
Tableau I. 4: Comparatif PROFIBUS PROFINET 22
Tableau II. 1: Éléments constituants la Maquette MAQ-NET de LANGLOIS 25
Tableau II. 2: Caractéristiques d'un API [15]. 28
Tableau II. 3: Caractéristiques techniques de l'IHM 29
Tableau IV. 1 description des vues 65
Tableau IV. 2: Etats des éléments. 70

Les abréviations

ADSL	Ligne d'abonné numérique asymétrique
API	Automate Programmable Industriel
ARH	Arrêter remplissage au niveau de l'IHM
ASCII	Code américain normalisé pour l'échange d'information
ASN.1	Abstract Numéro de syntaxe numéro un
CAN	Réseau de contrôle
CMIP	Protocole commun d'information de gestion
CPU	Control processor unité
CSMA	Carrier Sense Accès multiple
FT AM	Accès au transfert de fichiers et gestion
HTTP	protocole de transfert hypertexte
HTML	langage de balisage hypertexte
ICMP	Protocole de message de contrôle Internet
IHM	Interface Homme Machine
IP	Internet Protocol
ISO	Organisation internationale de normalisation
LLC	Contrôle de lien logique
LOG	Logigramme
MAC	Contrôle d'accès au support
MHS	Système de gestion des messages
MIME	Extensions de messagerie Internet multifonction
OSI	Interconnexion des systèmes ouverts
P1	la pompe 1
RPC	Appel de procédure à distance
SMTP	protocole simple de transfert de Courier
STEP	Station finale de traitement
SWC	Sensor Water Clear (En)
TCP	Transmission Control Protocol
TIA	Totally Integrated Automation (En)
Token	protocole de transport
TRB	Le temps de remplissage du bac
V1	Électrovanne 1
XML	langage de balisage extensible

Introduction générale

L'automatisation des procédés de production est l'un des aspects qui a le plus évolué dans l'industrie depuis ses débuts. L'intégration de technologies classiques comme la mécanique et l'électricité avec d'autres plus modernes (électronique, informatique, télécommunications, etc.) rend possible cette évolution.

Animée par l'émergence de nouvelles technologies, l'industrie 4.0 désigne une nouvelle génération d'usines connectées, robotisées et intelligentes. Avec la révolution numérique, les frontières entre le monde physique et digital s'amenuisent pour donner vie à une usine 4.0 interconnectée dans laquelle les collaborateurs, les machines et les produits interagissent. L'industrie 4.0 est un défi et une véritable opportunité pour l'industrie Algérienne. Le terme industrie 4.0 qui est apparu la première fois en 2011 au Forum mondial de l'Industrie de Hanovre est une nouvelle façon d'imaginer les moyens de production dans les réseaux industriels et les IHM sont des moyens incontournables pour ce développement.

Le but de ce travail est de la mise en place d'une solution d'automatisation d'une station de filtrage d'eau par la programmation de l'API S7-1200 de siemens ainsi qu'un développement et une configuration d'une interface homme machine pour la supervision, contrôle et maintenance. La communication entre la partie commande et la partie opérative est basée sur le Protocole de communication PROFINET. Pour la réalisation de ce projet, il nous a fallu étudier d'abord les liaisons et les différents composants de notre maquette, acquérir les outils et méthodes afin de gérer de façon optimale un projet d'automatisme industriel : maitrise du langage de programmation des API, ainsi que le logiciel de programmation TIA PORTAL. Pour arriver à notre fin, un cahier des charges technique du système à automatiser est établi avec la réalisation de l'analyse fonctionnelle et organique de la station de filtrage d'une façon adaptable à l'usage du programmeur.

Le présent mémoire est scindé en trois chapitres qui sont répartis comme suit :

Après une présentation, au chapitre I, les réseaux de communication en automatisme industriel d'une manière générale en donnant importance aux réseaux Profibus et Profinet, Nous avons détaillé, au chapitre II, la maquette de test que nous avons utilisé qui est MAQ-NET de LANGLOIS. Au chapitre III, nous avons donné un aperçu général sur le logiciel de programmation des automates SIEMENS et le logiciel de la supervision le WINCC.

Dans le dernier chapitre, nous avons donné toutes les étapes de notre travail dans la programmation de l'API, l'IHM ainsi que la configuration du réseau industriel tout en respectant le cahier des charges donné.

Chapitre I

Réseaux de communication en automatisme industriel

I.1 Introduction

Ces dernières années, les technologies réseau de type ‘ bus de terrain ‘ sont apparues pour remplacer le câblage traditionnel des entrée/sorties des automates programmables industriels. En conséquence, les architectures d’automatismes ont profondément évolué. C’est par une approche utilisateur que ce chapitre aborde les bus de terrain dans l’industrie manufacturière. En plus des critères de cout et de performances, il attire l’attention des prescripteurs et réalisateurs sur l’importance des besoins d’interopérabilité et de pérennité [1]. Dans les systèmes d’automatisation complexes, les commandes réparties dans l’installation doivent être reliées entre elles. On utilise des systèmes de bus normalisés pour relier en réseau les différentes commandes. Une telle mise en réseau offre plusieurs avantages**,** donc Un bus de terrain est un système de communication entre plusieurs ensembles communiquant dans une zone géographique limitée (capteurs, calculateurs, automates, actionneurs, ...) permettant d’échanger des données. Les échanges sont régis par un protocole [2].

I.2 Termes techniques du réseaux/bus de terrain

Dans cette section, une présentation est donnée sur les termes techniques les plus utilisés en relation avec les bus de communication industriels

- **BUS** (dans le sens de l’informatique industrielle)

Un conducteur ou plusieurs conducteurs, communs à plusieurs circuits, permettant de les connecter ensemble afin d’échanger les données entre l’équipement connecté

- **ARCHITECTURE (Topologie)**

La manière de répartir l’équipement communicant et les fonctions du traitement des données

- **RESEAU**

L’ensemble des moyens de communication permettant aux différents systèmes éloignés de communiquer et d’échanger des données (informations) entre eux

- **RESEAU LOCAL INDUSTRIEL**

Réseau de communication numérique entre les équipements industriels éloignés (déportés)

I.3 Topologie des réseaux

Un réseau industriel est constitué d’automates programmables, des interfaces hommes/machines, d’ordinateurs, des équipements d’entrées/sorties, reliés entre eux grâce à des lignes de communication, telles que des câbles électriques, des fibres optiques, des liaisons radio et des éléments d’interface, tels que des cartes réseaux, des Gateway [2]. L’arrangement physique du réseau est appelé topologie physique ou architecture du réseau. Lorsque l’on considère la circulation des informations, on utilise la terminologie de topologie

logique. En général, la topologie représente la disposition physique de l'ensemble des composants d'un réseau. La topologie d'un réseau est aussi appelée le schéma de base, l'architecture ou le plan [3]. Plusieurs topologies existent pour un réseau de communication industriel.

I.3.1 Topologie en bus

Cette organisation est une des plus simples. Tous les éléments sont reliés à une même ligne de transmission par l'intermédiaire de câbles. Le mot bus désigne la ligne physique. Cette topologie est facile à mettre en œuvre, la défaillance d'un nœud ou d'un élément ne perturbe pas le fonctionnement des autres organes. Les réseaux du niveau machine et capteurs, appelés d'ailleurs bus de terrain, utilisent cette méthode. La typologie bus se met en œuvre soit par chaînage des équipements les uns avec les autres, soit par connexion via un boîtier de raccordement au câble principal [2](voir Figure I.1).

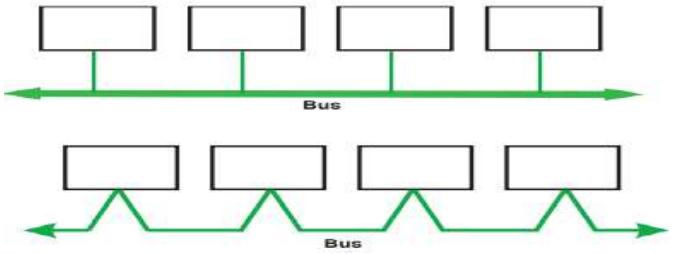


Figure I. 1: Topologie des réseaux en bus.

I.3.2 Topologie en étoile

Cette topologie est la plus courante au niveau de l'entreprise et de l'atelier. Elle est celle du réseau Ethernet. Elle présente l'avantage d'être très souple en matière de gestion et de dépannage. Les stations finales sont reliées ensemble à travers un équipement intermédiaire (répéteur, commutateur). La défaillance d'un nœud ne perturbe pas le fonctionnement global du réseau, en revanche, l'équipement intermédiaire qui relie tous les nœuds constitue un point unique de défaillance [2](voir Figure I.2).

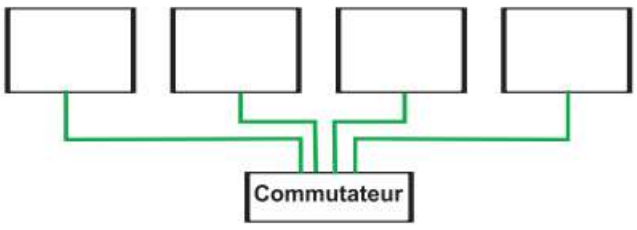


Figure I. 2: Topologie des réseaux en étoile.

I.3.3 Topologie en anneaux

Les réseaux en anneau sont des réseaux qui gèrent particulièrement le trafic. Le droit de parler sur le réseau est matérialisé par un jeton qui passe de poste en poste. Chaque poste reçoit le jeton chacun son tour, et chaque station ne peut conserver le jeton qu'un certain temps, ainsi le temps de communication est équilibré entre toutes les stations. Le trafic est ainsi très réglementé, il n'y a pas de collisions de « paquets », le signal électrique circule seul sur le câble, depuis la station émettrice jusqu'à la station réceptrice, et cette dernière renvoi un accusé de réception [3] (voir Figure I.3).

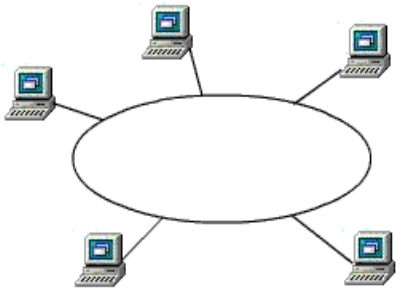


Figure I. 3: Topologie des réseaux en anneaux.

I.3.4 Topologie en maillée

Dans laquelle chaque équipement est relié à un ou plusieurs autres du même réseau. C'est typiquement la topologie d'Internet. La communication d'un équipement vers un autre peut suivre des chemins différents en fonction de la congestion des liens, de leur rupture [3]. C'est l'architecture la plus apte à parer aux pannes d'un réseau. En contrepartie, elle nécessite des protocoles de routage et de supervision complexes [3] (voir Figure I.4).

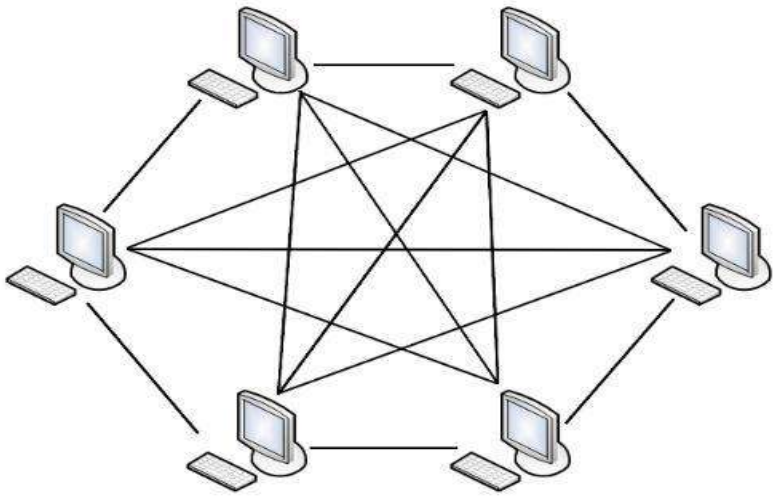


Figure I. 4: Topologie des réseaux en maillée.

I.4 Modèle OSI

Un protocole de communication est une spécification de plusieurs règles pour un type de communication particulier. Initialement, on nommait protocole, ce qui est utilisé pour communiquer sur une même couche d'abstraction entre deux équipements différents. Par extension de langage, on utilise parfois ce mot aussi aujourd'hui pour désigner les règles de communication entre deux couches sur un même équipement [2]. Le modèle OSI a été créé par l'ISO qui a édité la norme ISO 7498 dans le but d'offrir une base commune à la description de tout réseau informatique [2]. Dans ce modèle, l'ensemble des protocoles d'un réseau est décomposé en 7 parties appelées couches OSI, numérotées de 1 à 7. Les couches OSI respectent les principes suivants :

- chaque couche supporte un protocole indépendamment des autres couches ;
- chaque couche procure des services à la couche immédiatement supérieure ;
- chaque couche requiert les services de la couche immédiatement inférieure.

Lors d'une communication, l'utilisateur d'un réseau utilise les services de la couche 7 via un programme. Cette couche met en forme et enrichit l'information qu'elle reçoit du programme en respectant son protocole. Puis, elle l'envoie à la couche inférieure lors d'une demande de service [2]. À chaque couche, l'information subit des mises en forme et des ajouts en fonction des protocoles utilisés. Enfin, elle est envoyée sur le médium et reçue par un autre nœud du réseau. Elle parcourt toutes les couches de ce nœud dans l'autre sens pour finir au programme du correspondant, dépouillée des différents ajouts liés aux protocoles [2].

Tableau I. 1: Couches ISO

Couche 7	Application	**HTTP, SMTP**
Couche 6	Présentation	**HTML, XML**
Couche 5	Session	**ISO8327, RPC**
Couche 4	Transport	**TCP, UDP**
Couche 3	Réseau	**IP, ICMP**
Couche 2	Liaison de données	**Ethernet**
Couche 1	Physique	**CSMA, ADSL**

Chaque couche réseau définie par le modèle a un rôle bien précis, qui va du transport du signal codant les données à la présentation des informations pour l'application destinataire.

I.4.1 Couche 7 : application

Cette couche assure l'interface de communication avec l'utilisateur, à travers des logiciels adéquats. Elle gère également la communication entre applications, comme pour le courrier électronique [4].

On peut citer quelques-unes des nombreuses implémentations disponibles comme (FT AM), (CMIP) qui permet d'effectuer un suivi ou une administration à distance des ressources. (MHS) ou X.400 constitue une méthode normalisée internationale pour le transport de messages. X.500 ou Services d'annuaire permettent de gérer une base distribuée de façon normalisée [4].

I.4.2 Couche 6 : présentation

Elle assure la mise en forme des données : paramètres internationaux, pages de codes, formats divers... Cette couche peut également exploiter des fonctions de chiffrement et de compression. Des codages comme (MIME), (ASCII), ou (ASN.1), peuvent être utilisés ici [4].

I.4.3 Couche 5 : session

Cette couche gère également un mode connecté. C'est à son niveau que sont gérés les points de synchronisation, permettant ainsi, par une sauvegarde de contextes et de sous-contextes, une reprise en cas d'incident. C'est typiquement la couche qui gère la connexion à une ressource partagée sur un réseau. Les appels de procédures distantes, (RPC), constituent un protocole à ce niveau.

I.4.4 Couche 4 : transport

Le service de transport assure un transfert de données transparent entre entités de session en les déchargeant complètement des détails d'exécution d'un transfert de données fiable et d'un bon rapport qualité/prix. La couche transport optimise l'utilisation des services réseau disponibles afin d'assurer au moindre coût les performances requises par chacune des entités de session [4]. On trouvera dans cette couche la Contrôle de flux, Contrôle/récupération d'erreurs, Séquencement et Fragmentation des messages de la couche session.

I.4.5 Couche 3 : Réseau

C'est au niveau de cette couche qu'est géré le choix du meilleur chemin (lorsqu'il en existe plusieurs) pour atteindre le destinataire. Alors que l'adresse physique sert à identifier un périphérique local, une adresse logique permet de référencer un composant de manière globale. Pour cela, certains protocoles identifient les périphériques du réseau en les

référençant par un numéro de réseau, ainsi qu'un numéro de poste dans ce réseau [4]. Pour atteindre un destinataire, un coût est calculé qui peut dépendre de plusieurs paramètres (nombre de réseaux à traverser, durée du transport, coût de la communication, encombrement de la ligne, etc.). C'est en comparant les différents coûts qu'un chemin peut être qualifié de meilleur qu'un autre [4]. En fonction des protocoles, le bloc peut être nommé message, datagramme, cellule ou même paquet, comme dans Internet Protocol (IP). 01

I.4.6 Couche 2 : liaison de données

C'est au niveau de cette couche que les données numériques sont traduites en signal. Les bits de données sont organisés en trames. Un en-tête est créé dans lequel on peut identifier l'émetteur et le destinataire par leur adresse physique [4]. Elle se décompose en deux sous niveaux

- le **MAC** (Medium Access Control), qui organise les trains binaires sous forme de trame ou encore paquet.
- le niveau **LLC** (Layer Link Control) qui fournit des services avec ou sans connexion, qui peut assurer des fonctions de contrôle de flux (régulation des transferts de trame pour « éviter une saturation du récepteur) et de correction d'erreur (par retransmission des trames non reçues ou erronées).

I.4.7 Couche 1 : physique

Elle a pour rôle la transmission bit à bit sur le support, entre l'émetteur et le récepteur, des signaux électriques, électromagnétiques ou lumineux, qui codent des données numériques (0 ou 1).

I.5 Trame

La trame (figure I.7) est l'ensemble des informations transmises en un seul bloc via un réseau. Elle est également appelé paquet. Chaque trame respecte la même organisation de base et contient des informations de contrôle, telles que les caractères de synchronisation, les adresses de station, une valeur de contrôle d'erreur, ainsi qu'une quantité variable de données [1].



Figure I. 5: Constitution d'une trame

I.6 Classification des réseaux industriels

Derrière le terme de réseaux et bus de terrain, il existe plusieurs de spécifications de réseaux différentes qu'il serait possible de classer en quatre grandes familles de bus, correspondant chacune à différents besoins, principalement en termes de fonction à réaliser, de données à transmettre et de temps de réponse, volume d'information à transmettre, distance, topologie réseau, nombre d'adresses, medium.

Avant d'analyser les technologies des réseaux de communication, il est nécessaire de présenter une synthèse des principaux besoins auxquels ces niveaux apportent une réponse pertinente [2](voir tableau I.1).

Tableau I. 2: Besoins et les contraintes de communication [5].

Niveau	Besoin	Volume d'informations à transmettre	Temps de réponse	Distance	Topologie réseau	Nombre d'adresses	Médium
Entreprise	Echange de données. Sécurité informatique. Standards entre progiciels.	Fichiers Mbits	1ms	Monde	Bus, étoile	Non limitée	Electrique, optique, radio
Atelier	Synchronisation des API' d'un même îlot d'automatisme échanges d'information en mode client/serveur avec les outils de conduite (HMI, supervision). Performances Temps réel.	Données Kbits	50 à 500 ms	2 à 40 Km	Bus, étoile	10 à 100	Electrique, optique, radio
Machine	Architecture distribuée. Intégration fonctionnelle et transparence des échanges. Topologie et coût de connexion.	Données Kbits	5 à 100 ms (cycle de l'API)	10 m à 1 Km	Bus, étoile	10 à 100	Electrique, optique, radio
Capteur	Simplification du câblage distribution des alimentations des capteurs et actionneurs. Optimiser les coûts de câblage.	Données bits		1 à 100 m	Sans contrainte	10 à 50	Electrique radio

I.7 Bus de terrain

Ces dernières années la communication industrielle a évolué très rapidement, il existe plusieurs technologies de communication dont on cite les plus reconnue :

I.7.1 Réseau (Bus) CAN

Bus CAN a été développé initialement pour l'industrie automobile mais sa robustesse et l'efficacité du protocole l'ont amené à être utilisé dans de nombreuses autres applications industrielles, en particulier celles nécessitant les débits élevés (1 Mb/s) avec un très faible taux d'erreurs (automatisme, contrôle)

I.7.2 MODBUS RTU

MODBUS RTU est un protocole ouvert, série (RS-232 ou RS-485) dérivé de l'architecture maître / esclave. C'est un protocole largement accepté en raison de sa facilité d'utilisation et de sa fiabilité. MODBUS RTU est largement utilisé dans les systèmes de gestion des bâtiments et les systèmes d'automatisation industrielle (IAS). Cette large acceptation est due en grande partie à la facilité d'utilisation de MODBUS RTU.

I.7.3 BUS ASI

Le bus AS-I étant un bus série, il permet de diminuer le nombre de câbles nécessaire à l'utilisation d'un grand nombre de capteurs ou de pré-actionneurs : ces derniers sont reliés directement ou par l'intermédiaire d'une embase à l'automate central via un seul câble. Chaque embase permet de connecter jusqu'à 4 capteurs ou pré-actionneurs au bus.

Le bus AS-I permet d'utiliser jusqu'à 31 embases soit 124 capteurs tout en gardant un temps de réaction très faible de 5 ms. Avec la dernière version il est même possible de raccorder jusqu'à 62 embases soit 248 capteurs mais le temps de réaction est alors doublé. Il est possible de remplacer le câble AS-I par un câble rond standard à deux conducteurs. La longueur maximale d'un segment AS-I est de 100 mètres ; toutefois il est possible d'augmenter cette distance en utilisant des répéteurs (deux au maximum) en atteignant la limite de distance entre l'automate et la dernière embase qui est de 300 mètres.

Dans ce qui suit une attention particulière est donnée au bus de communication développés par SIEMENS, notamment PROFIBUS et PROFINET car ces derniers seront utilisés dans notre projet.

I.8 PROFIBUS

I.8.1 Introduction

PROFIBUS est un réseau en bus pour la communication de processus et de terrain dans les réseaux de cellules mettant en œuvre un petit nombre de stations et des appareils de terrain ainsi que pour la communication de données. Les constituants d'automatisme tels qu'automates programmables, PC, IHM, capteurs et actionneurs peuvent communiquer sur un réseau unifié. L'interconnexion des secteurs de fabrication par des réseaux locaux assure l'échange d'informations requis [6]. On dispose par conséquent d'une gamme étoffée de produits PROFIBUS de Siemens et d'autres constructeurs pour la réalisation de solutions d'automatismes sur un réseau PROFIBUS.

PROFIBUS permet de raccorder des appareils de terrain tels que des périphériques décentralisés ou des entraînements à des systèmes d'automatisation tels que SIMATIC S7, SIMOTION, SINUMERIK.

I.8.2 Fonctions de communication

La communication de procès ou de terrain (PROFIBUS DP, PROFIBUS PA) sert à la connexion d'appareils de terrain à un système d'automatisation, système IHM ou système de conduite. La connexion peut être réalisée par le biais d'interfaces intégrées à l'unité centrale ou par l'intermédiaire de coupleurs et de processeurs de communication (CP) [6].

Avec les systèmes d'automatisation performants actuels, il est souvent plus efficace de relier plusieurs lignes PROFIBUS DP à un système d'automatisation, non seulement pour augmenter le nombre de stations de périphérie connectables, mais aussi pour pouvoir gérer différentes zones de production indépendamment les unes des autres (segmentation) [6].

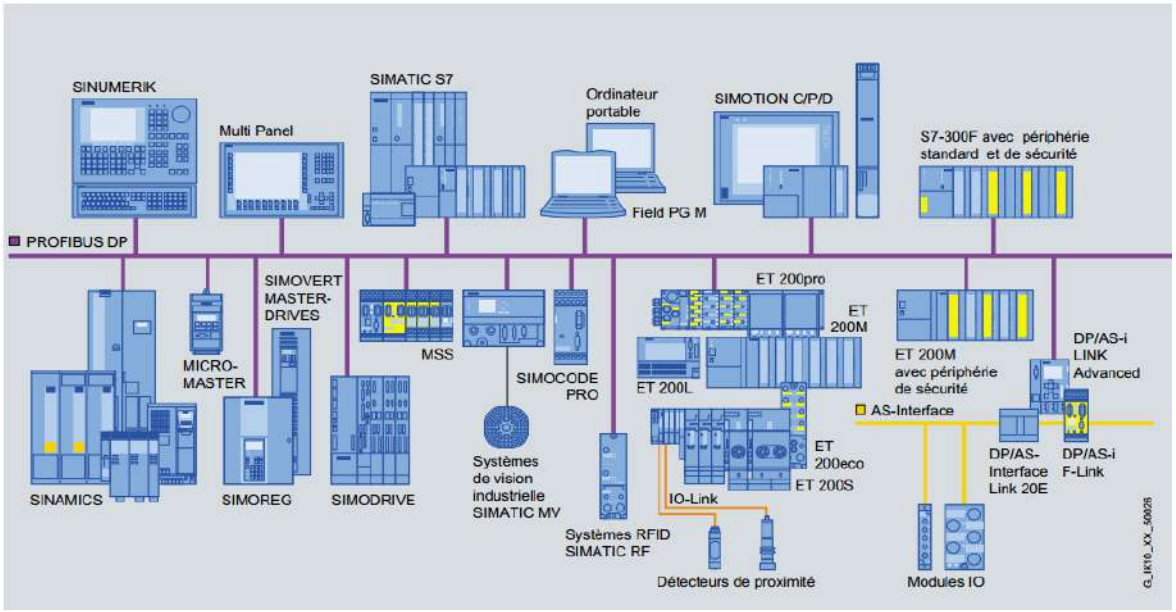


Figure I. 6: Aperçu général d'une architecture PROFIBUS.

Le PROFIBUS DP (Périphérie décentralisée) sert au raccordement d'appareils de terrain décentralisés, par ex. SIMATIC ET 200 ou variateurs avec temps de réaction très courts. PROFIBUS DP s'utilise lorsque des capteurs/actionneurs sont fortement disséminés sur la machine ou l'installation (p. ex. niveau terrain) [6].

PROFIBUS DP utilise les couches 1, 2 et l'interface utilisateur. Les couches 3 à 7 ne sont pas développées. Cette architecture allégée assure une transmission de données à haute vitesse. L'outil Direct Data Mapper (DDLM) permet d'accéder à la couche 2. Les fonctions

d'application disponibles et les caractéristiques du système et des périphériques des différents types d'appareils PROFIBUS DP sont spécifiées dans l'interface utilisateur. Optimisé pour la transmission à grande vitesse des données utilisateur, ce protocole PROFIBUS est spécialement conçu pour la communication entre l'automate programmable et les épurements d'E /S répartis sur le terrain [7].

Dans une telle configuration, les capteurs/actionneurs sont raccordés à des appareils de terrain. Ceux-ci sont approvisionnés en données de sortie d'après le mode maître/esclave et retournent les données d'entrée à l'automate ou au PC

I.8.3 Protocol PROFIBUS

PROFIBUS est basé sur un système international reconnu normes. L'architecture du Protocol est orientée vers la référence OSI modèle conforme à la norme internationale ISO 7498. Dans ce modèle, chaque couche de transmission gère des tâches définies avec précision. Couche 1 définit les caractéristiques de transmission physique. La couche 2 (couche de liaison de données) définit le bus protocole d'accès. La couche 7 (couche d'application) définit les fonctions de l'application [7] (figure I.7).

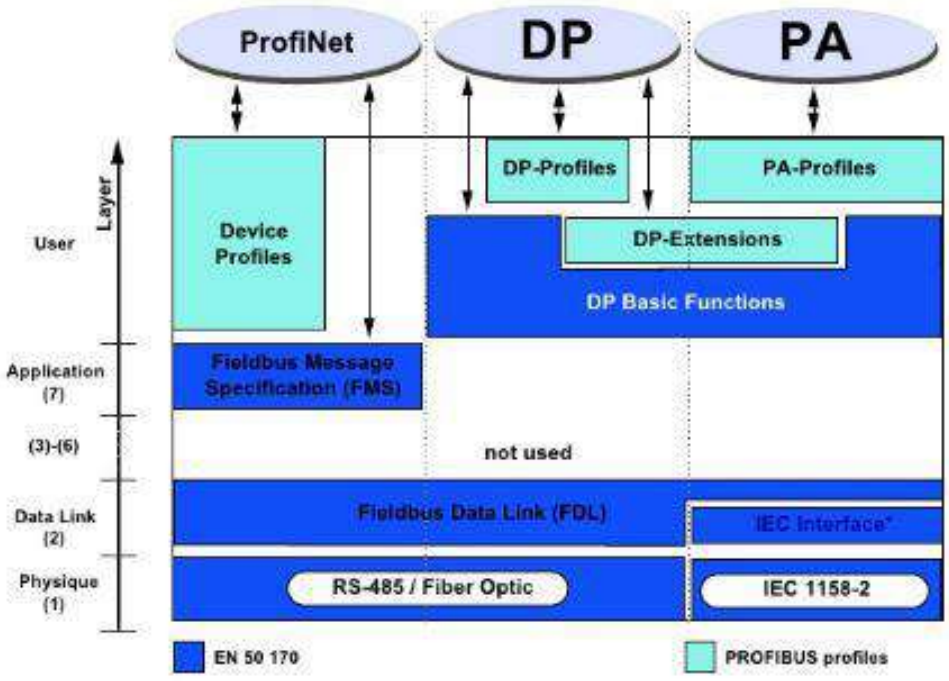


Figure I. 7: Protocol architecture.

I.8.4 Connectivité en réseau

PROFIBUS offre une large gamme de constituants de réseau PROFIBUS pour la transmission sur supports cuivre et optiques, et sans fil [7].

I.8.4.1 Réseaux cuivre

Le réseau cuivre peut être configuré selon une topologie linéaire ou arborescente. Les différents segments sont interconnectés par des répéteurs. La vitesse de transmission est réglable graduellement de 9,6 Kbits/s à 12 Mbits/s. La longueur maximale des segments dépend de la vitesse de transmission (Tableau. I. 1) [6].

La figure en dessous montre un câble de transmission PROFIBUS et la connectique RS485

Tableau I. 3: Distances autorisées en fonction de la vitesse de transmission

Débits (kbit/s)	9,6	19,2	45,45	93,75	187,5	500	1500	3000	6000	1200
Longer segment(m)	1200	1200	1200	1200	1000	400	100	100	100	100



Figure I. 8: PROFIBUS Fast Connect RS485.

I.8.4.2 Propriétés du réseau cuivre

- Mode de transmission conforme à CEI 61158/ EN 50170-pour l'automatisation universelle (PROFIBUS FMS/DP) et à CEI 61158-2 pour les zones de sécurité intrinsèque (PROFIBUS PA)
- Câble bus de haute qualité.
- Mode de transmission : RS485.

- Topologie de bus et connecteurs de bus pour le raccordement des abonnés PROFIBUS.

Immunité du réseau aux perturbations grâce au double blindage des câbles, à la continuité de la mise à la terre et à la simplicité de montage.

- Montage simple et rapide des connecteurs avec Festonnent.
- Le mode de transmission DP de RS485 (codage de bits par signaux de différence de tension) selon CEI 61158-2 (codage de bits par signaux de courant) est réalisé par les constituants de réseau (coupleur DP/PA ou DP/PA Link)

I.8.5 Couche physique

- Le support de communication standard est la RS485.
- Pour les applications en zone dangereuse on dispose également d'une version en sécurité intrinsèque RS485-IS.
- La fibre optique est couramment employée pour augmenter la distance ou s'affranchir de problèmes CEM.li
- Pour le procès le profil PROFIBUS PA définit une transmission de type MBP (Manchester Bus Powered).
- Débit : 9600 baud - 12 Mbaud.
- Nombre de stations/segment : 32. [8]

I.8.6 Méthode d'accès

L'accès aux données se fait suivant le principe maître/esclave. Plusieurs maitres peuvent se partager le réseau. Un jeton (Token) permet de réguler le trafic entre les différents participants ;

Il existe 2 catégories de maîtres : Maitre de classe 1 et Maître de classe 2[8].

- Maitre de classe 1 : il s'agit du contrôleur du procédé, en général un automate ou un SNCC mais cela peut également être un PC. Il échange en permanence les données d'entrée et sortie avec les esclaves selon un cycle prédéterminé
- Maître de classe 2 : il s'agit d'un outil sur PC qui permet les opérations de configuration et de maintenance des esclaves PROFIBUS. Les échanges de données ne se font pas de manière régulière mais en fonction des besoins, c'est une

communication acyclique qui ne perturbe pas les échanges cycliques du maître de classe 1.

Remarques concernant les Maîtres PROFIBUS

- Un maître de classe 1 est obligatoire dans une architecture PROFIBUS
- Un maître de classe 2 quant à lui, n'est pas indispensable. De fait, dans la plupart des installations il est inexistant. Il n'est pertinent que si les esclaves supportent les échanges acycliques suivant DP-V1. Pour l'heure les maîtres de classe 2 sont surtout exploités sur des installations procès avec PROFIBUS PA. Très souvent il s'agira d'un outil de configuration sur PC portable connecté temporairement sur le réseau, le temps de procéder à un réglage ou diagnostic.

I.9 PROFINET

I.9.1 Introduction

PROFINET est la première norme Industrielle Ethernet intégrée pour l'automatisation et utilise les avantages d'Ethernet et de TCP / IP pour une communication ouverte du niveau de la gestion d'entreprise au processus lui-même [9].

PROFINET s'appuie sur les standards informatiques établis pour la gestion de réseau et la télé service. Particulièrement à l'ingénierie de contrôle d'automation il offre un concept de sécurité spécial. Une technologie de réseau industriel spécial composée de composants réseau actifs, de câbles et de systèmes de connexion, ainsi que des recommandations pour l'installation, complètent le concept [9].

PROFINET (« Procès Field Network ») se répartit selon différentes classes de performance pour répondre à diverses contraintes temporelles : PROFINET RT pour le temps réel mou ou lorsque le temps réel n'est pas requis, et PROFINET IRT pour une performance temps réel dur. La technologie a été mise au point par Siemens et les sociétés membres de l'organisation d'utilisateurs PROFIBUS, PNO. Successeur de PROFIBUS DP basé sur Ethernet, profane I/O spécifie tous les transferts de données entre les contrôleurs d'E/S ainsi que le paramétrage, le diagnostic et la topologie du réseau [10].

I.9.2 PROFINET et le modèle OSI

Le protocole PROFINET respecte l'organisation en 7 couches du modèle OSI. Les couches 5 et 6 étant inutiles ne sont donc pas utilisées par les équipements PROFINET. Les couches effectivement utilisées dépendent de la nature du trafic.

Une station PROFINET, est susceptible de gérer 3 types de trafic :

1. Le trafic IT classique sans rapport avec PROFINET, par ex. accéder à la page web de l'équipement.
2. Le trafic PROFINET non temps réel, par ex. configurer une station ou faire un diagnostic.
3. Le trafic PROFINET temps réel qui concerne les données d'entrées/sorties du procédé.

Pour les 2 premiers on utilisera Ethernet, la couche Réseau IP et la couche Transport TCP/UDP. Pour les échanges de données procès, on passe directement d'Ethernet (couches 1 & 2) à la couche applicative PROFINET. Les performances temporelles ne sont donc pas dégradées par le traitement d'informations inutiles dans le cadre d'une communication industrielle locale (figure.I.9).

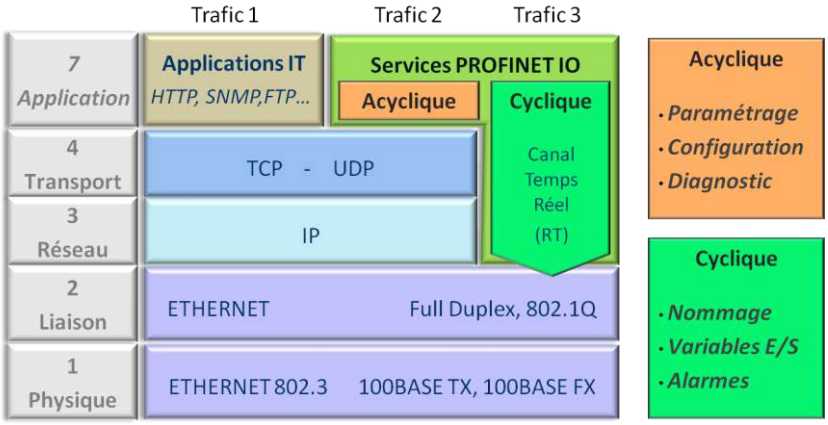


Figure I. 9: PROFINET dans le modèle OSI.

I.9.3 Caractéristiques de la couche physique

Le réseau PROFINET étant basé sur Ethernet il respecte les standards correspondants. Les stations supportent des connexions cuivre, fibre optique ou Wifi.

- La version cuivre, la plus répandue, est basée sur la norme 802.3u (Fast Ethernet) qui permet une communication 100 Mb/s en full duplex. L'essentiel des équipements dispose d'une connexion de ce type.
- La fibre optique est essentiellement utilisée dans le cadre de l'infrastructure et sert à interconnecter les switches entre eux.

- Le Wifi est utilisé ponctuellement pour des applications mobiles et/ou difficiles à raccorder physiquement.

I.9.4 Câble et connectique PROFINET

PROFINET est basé sur la technologie ETHERNET, par conséquent il peut fonctionner avec les câbles et connecteurs ETHERNET classiques. Cependant les contraintes de l'environnement industriel étant plus sévères, PROFINET a défini du câble spécifique et des connecteurs durcis.

- **Câble PROFINET**

La gaine est de couleur verte. Un câble Ethernet classique est constitué de 4 paires cependant à 100 Mb/s, la vitesse de PROFINET, seules 2 paires sont utilisées. Le câble PROFINET ne comprend donc que 4 conducteurs. Deux blindages, feuillard et tresse, protègent les conducteurs. La catégorie du câble est 5e. La constitution du câble permet l'utilisation de la technique Fast Connect pour la confection.[11]



Figure I. 10: Structure du câble PROFINET.

Sur la base de ces spécifications, il existe différentes variantes de câble PROFINET correspondant à différentes exigences : pose fixe ou mobile, tenue aux agents chimiques, retardateur de flamme …

- **Connectique PROFINET**

Les connecteurs PROFINET sont étudiés pour être robustes et faciles à confectionner grâce au concept de déplacement d'isolant du système Fast Connect (déjà utilisé sur PROFIBUS).

Il existe 3 familles de connecteurs :

- RJ45 en IP20 ou IP65
- M12 en IP 66/67
- RJ45 Hybride pour les équipements télé alimentés



Figure I. 11: Connecteurs PROFINET.

Outre la solution 100 Mb/s qui est la plus largement utilisée, il existe également des solutions câble et connecteurs permettant des interconnexions 1Gb/s ou des liaisons fibre optique.

I.9.5 PROFINET IO

PROFINET IO, avec sa communication en temps réel particulièrement rapide, répond à toutes les exigences actuelles en matière de transmission de données de processus et permet une intégration facile des systèmes de bus de terrain existants

I.9.6 Topologie et STEP 7

I.9.6.1 Éditeur de topologie SIMATIC

Avec STEP 7 on peut configurer la topologie de votre réseau PROFINET IO. La configuration topologique nous fait profiter de fonctionnalités PROFINET telles que « IO devices alternants en cours de fonctionnement (ports partenaires) » ou « Remplacement de l'appareil sans support amovible/PG ». Pour IRT avec option "haute performance" la configuration de topologie est impérativement requise. L'éditeur de topologie vous assiste dans les tâches suivantes [12]:

- Fourniture d'informations topologiques sur tous les ports des appareils PROFINET du projet
- Configuration de la topologie de consigne sur PROFINET par connexion des interfaces et ports par simple glissé-déplacer et définition des propriétés.

L'éditeur de topologie possède toute une série de fonctions de paramétrage, de connexion et de diagnostic des propriétés de tous les appareils PROFINET, y compris de leurs ports.

Les fonctions et informations suivantes sont à votre disposition :

- Affichage de tous les appareils PROFINET du projet et de leurs ports.
- Longueur de câble et type de câble configurés avec temps de transfert des signaux calculé pour chaque port.
- Données de connexion avec repère d'emplacement de chaque appareil PROFINET.
- Informations de diagnostic des ports des appareils PROFINET.

● Détection simple d'erreur par comparaison en ligne/hors ligne des données des partenaires.

● Lancement du diagnostic (état des modules) à partir de la vue graphique.

I.9.6.2 Attribution d'adresse

I.9.6.2.1 Adresses

Tous les appareils PROFINET étant conçus pour le protocole TCP/IP, leur fonctionnement sur réseau Ethernet nécessite une adresse IP. Pour simplifier la configuration, il ne vous sera demandé qu'une seule fois d'attribuer une adresse IP, notamment lors de la configuration de l'IO-Controller sous STEP 7/HW Config. STEP 7 affiche ici un dialogue de sélection de l'adresse IP et du réseau Ethernet. Si le réseau est isolé, vous pouvez reprendre l'adresse IP et le masque de sous-réseau proposés par STEP 7. Si le réseau fait partie d'un réseau d'entreprise Ethernet, adressez-vous à l'administrateur de réseau pour obtenir ces adresses [12].

I.9.6.2.2 Adresse IP et MAC

- **Adresse MAC**

Une identification d'appareil, unique au niveau mondial, est attribuée en usine à chaque appareil PROFINET. Cette identification d'appareil de 6 octets est l'adresse MAC [12]. L'adresse MAC est composée de la manière suivante :

● 3 octets pour le code constructeur et

● 3 octets pour le code appareil (numéro d'ordre).

L'adresse MAC se trouve généralement sur la face avant de l'appareil :

08-00-06-6B-80-C0 par exemple.

- **Adresse IP**

Pour qu'un appareil PROFINET puisse être adressé comme participant à Industriel Ethernet, il doit posséder en plus une adresse IP unique sur le réseau. L'adresse IP se compose de 4 nombres décimaux compris entre 0 et 255. Ces nombres décimaux sont séparés par un point [12].

L'adresse IP est constituée des éléments suivants :

● adresse du réseau et

● adresse du partenaire (généralement aussi appelé hôte ou noeud de réseau).

- **Masque de sous-réseau**

Les bits à 1 du masque de sous-réseau définissent la partie de l'adresse IP qui contient l'adresse du réseau.

Règle générale :

- L'adresse de réseau résulte de la combinaison ET de l'adresse IP et du masque de sous-réseau.
- L'adresse de partenaire résulte de la combinaison NON ET de l'adresse IP et du masque de sous-réseau.

I.9.7 Priorisation des trames PROFINET

PROFINET étant basé sur les standards Ethernet, un réseau comportant des équipements PROFINET est donc susceptible de transporter d'autres données, par exemple pour consulter le serveur Web d'un équipement.

Cette ressource que constitue le réseau global est exploitée pour des données procès (urgente) et d'autres communications (non urgente). À certain moment, il est donc possible que deux requêtes doivent être acheminées simultanément ce qui est impossible.

PROFINET utilise le standard Ethernet 802.1q qui définit 8 niveaux de priorité ; 0, moins prioritaire, à 7, plus prioritaire. Les trames de données PROFINET sont émises avec le niveau 6 elles seront donc transmises avant le trafic IT standard (figure.I.12).

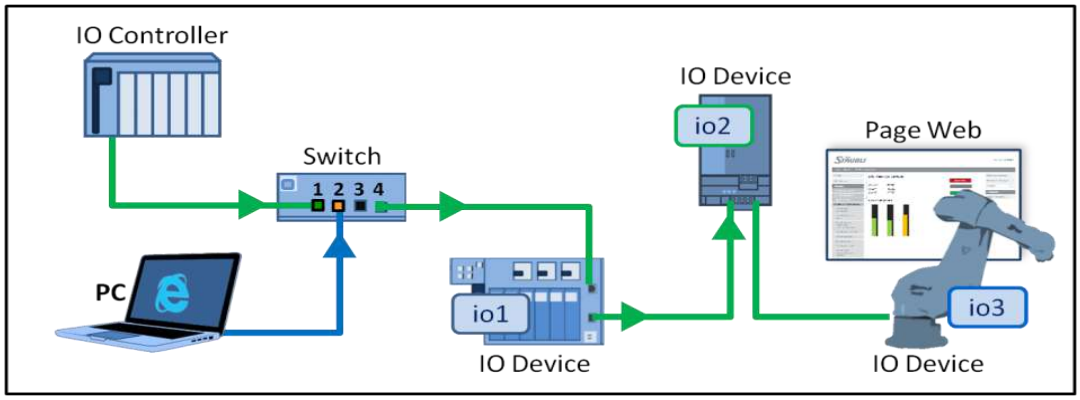


Figure I. 12: Priorisation des trames PROFINET.

Dans l'exemple ci-dessus, l'**IO** Controller envoie une consigne à destination d'io2, au même moment le PC souhaite consulter la page Web d'io3. Les deux trames arrivent simultanément l'une sur le port 1, l'autre sur le port 2 du Switch. Il faut les faire transiter par le port 4 pour qu'elles parviennent à destination. Grâce à sa haute priorité, la trame PROFINET sera transmise immédiatement alors que la requête Web du PC devra attendre la disponibilité du port.

I.10 Comparatif PROFIBUS/PROFINET

Le tableau I.4 donne des éléments de comparaison entre le PROFIBUS et PROFINET.

Tableau I. 4: Comparatif PROFIBUS PROFINET [11]

PROFIBUS DP	PROFINET IO
Infrastructure bus	Infrastructure ETHERNET
Débit max 12 Mbps	Haut débit 100 Mbps
Maitre / esclave (bloquant)	Producteur / consommateur
Pas de cohabitation avec d'autres protocoles	Cohabitation possible avec d'autres protocoles
Nombres maximum d'esclave limité à 125 esclaves	Dépend du masque de sous-réseau et de la capacité de l'IO Controller
Temps de rafraichissement identique pour tous les esclaves	Temps de rafraichissement indépendant pour tous les IO devices
244 octets de données max. par trame	1440 octets de données max. par trame
Liaison sans fil : IR ou radio propriétaire	Liaison sans fil : wifi standard

I.11 Conclusion

Ce chapitre donne un bref aperçu des normes des réseaux industriels qui sont principalement utilisées pour la communication entre les machines et l'opérateur (IHM), les capteurs et l'automate et les déférents outils. Une attention particulière est donnée au réseau PROFINET et PROFIBUS.

Chapitre II

Présentation de la maquette PROFIBUS/PROFINET MAQ-NET de LANGLOIS

II.1 Introduction

Un système est dit automatisé lorsque le processus qui permet de passer d'une situation initiale à une situation finale se fait sans intervention humaine, et que ce comportement est répétitif chaque fois que les conditions qui caractérisent la situation initiale sont remplies. L'automatisation conduit à une très grande rapidité, une meilleure régularité des résultats et évite à l'homme des tâches pénibles et répétitives. Ce chapitre sera consacré à la description des automates programmables SIEMENS à structure modulaire essentiellement le S7-1200. Et aux différents composants constituant notre réseau de communication et à notre outil de contrôle et de supervision IHM (interface homme machine) de notre processus

II.2 Présentation de la maquette MAQ-NET de LANGLOIS

MAQ-NET est une maquette de la société LANGLOIS destiné aux étudiants de l'informatique industrielle, elle était nouvellement acquise par notre université dans le but :

- d'étudier la communication bus de terrain entre les différents composants d'automatisme
- d'étudier le câblage et la configuration des composants PROFIBUS et PROFINET
- de programmer des automates de siemens (S7-1200)
- de programmer des IHM (interface homme machine)
- de configurer d'un variateur de vitesse

Cette maquette est composé de 12 éléments comme l'indiquent la (figure II.1) et le (tableau II.1)

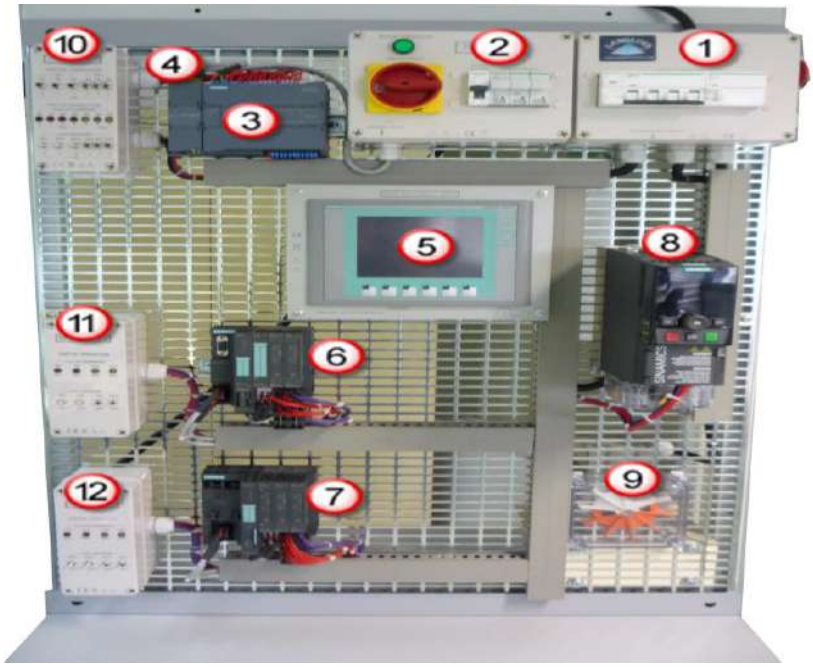


Figure II. 1: Maquette MAQ-NET de LANGLOIS0.

Tableau II. 1: Éléments constituants la Maquette MAQ-NET de LANGLOIS

1	Alimentation Triphasée 400V + N +T
2	Boitier de protections électriques avec inter sectionneur
3	Automate programmable Siemens : - Référence : CPU 1214C DC/DC/Rly - 6ES7214-1HG40-0XB0
4	Module de communication Profibus pour CPU - Référence : CM 1243-5
5	Ecran IHM tactile Siemens - Référence : KTP 700 - 6AV2-123-2GB03-0AX0
6	MODULE Coupleur ET200S Entrées / Sorties déportées Profibus - Référence Base Profibus : 6ES7-151-1CA00-0AB0 - Référence Alimentation : 6ES7-138-4CA01-0AA0 - Référence Module 4 Entrées TOR : 6ES7-131-4BD01-0AA0 - Référence Module 4 Sorties TOR : 6ES7-132-4BD02-0AA0
7	MODULE Coupleur ET200S Entrées / Sorties déportées Profinet - Référence Base Profinet : 6ES7-151-3AA23-0AB0 - Référence Alimentation : 6ES7-138-4CA01-0AA0 - Référence Module 4 Entrées TOR : 6ES7-131-4BD01-0AA0 - Référence Module 4 Sorties TOR : 6ES7-132-4BD02-0AA0
8	Variateur de fréquence triphasé Siemens G120 de 0,5KW Référence : 6AV2-123-2GB03-0AX0
9	Moteur triphasé Asynchrone 230/400VAC-0,12KW - Référence : 1LA7060-4AB60
10	Boitier de commande SYSTEME N°1 Salle1
11	Boitier de commande SYSTEME N°2 Salle2 en profibus
12	Boitier de commande SYSTEME N°3 Salle2 en profinet

II.2.1 Définition de l'Automate programmable

De nos jours, les constructions de commande et les ingénieurs automaticiens n'ignorent plus rien des automates programmables ou (Programmable Logic Controller: PLC). Pour de nombreux problèmes de commande, il convient donc de déterminer le mode de commande le mieux approprié et à cet égard, le choix se porte de plus en plus sur l'automate programmable. Il s'agit d'ailleurs non seulement d'une question de prix, mais bien d'avantage de gain de temps, de souplesse accrue dans la manipulation, de haute fiabilité, de localisation et d'élimination rapide des erreurs simultanément. Le produit final c'est-à-dire la machine ou l'installation équipée d'un tel automate atteint un niveau technique plus élevé.

II.2.1.1 Choix de l'automate

Le choix d'un automate programmable est en premier lieu le choix d'une société ou d'un groupe. D'après ce qui précède, nous pouvons dire que nous avons réalisé une partie de la Solution proposée puisque la partie matérielle de notre système a été atteinte, connaitre les caractéristiques électriques des équipements et après détermination. Le personnel de maintenance doit toutefois être formé sur ces matériels et une trop grande diversité des matériels peut avoir de graves répercussions [13].

Les critères de choix essentiels d'un automate programmable industriel sont [14]**:**

- Les capacités de traitement du processeur (vitesse, données, opérations, temps réel.)
- Le type des entrées/sorties nécessaire.
- Le nombre d'entrées/sorties nécessaire.
- Les compétences/expériences de l'équipe d'automaticiens en mise en œuvre et en programmation de la gamme d'automate.

II.2.1.2 Choix de gamme d'API

Les exigences pratiques de notre système nous poussent à choisir un automate compact SIEMENS S7-1200 exact CPU S7-1214C de plus le fait d'avoir déjà étudié les automates de la marque SIEMENS pendant notre cursus universitaire et le fait qu'elle soit la marque la plus repandue nous conforte dans ce choix (Figure II.2).



Figure II. 2: Automate S7-1200.

II.2.1.3 Architecture d'un API

De forme compacte ou modulaire, les modules d'automates sont décrits comme suit [15] :

- Un module d'unité centrale ou CPU, qui assure le traitement de l'information et la Gestion de l'ensemble des unités. Ce module comporte un microprocesseur, des Circuits périphériques de gestion des entrées/sorties, des mémoires RAM et EEPROM nécessaire pour stocker les programmes, les données, et les paramètres de configuration du système.
- Un module d'alimentation qui, à partir d'une tension 220V/50Hz ou dans certains cas de 24V fournit les tensions continues + /- 5V, +/-12V ou +/- - 15V.
- Un ou plusieurs modules d'entrées ''Tout ou Rien'' ou analogiques pour l'acquisition Des informations provenant de la partie opérative (procédé à conduire).
- Un ou plusieurs modules de sorties ''Tout ou Rien'' (TOR) ou analogiques pour Transmettre à la partie opérative les signaux de commande. Il y a des modules qui Intègrent en même temps des entrées et des sorties.
- Un ou plusieurs modules de communication comprenant:

- Interfaces série utilisant dans la plupart des cas comme support de communication, Les liaisons RS-232 ou RS422/RS485.
- Interfaces pour assurer l'accès à un bus de terrain.
- Interface d'accès à un réseau Ethernet.

Cet API présente les caractéristiques suivantes **:**



Figure II. 3 : Vu de face de l'API SIEMENSE S7-1200.

1- Prise d'alimentation.

2- Logement pour carte mémoire sous le volet supérieur.

3- Connecteurs amovibles pour le câblage utilisateur (derrière les volets).

4- LED d'état pour les E/S intégrées.

5- Connecteur PROFINET (sur la face inférieure de la CPU)

II.2.1.4 Caractéristique technique

Le tableau II.2 illustre les caractéristiques d'un API.

Tableau II. 2: Caractéristiques d'un API [15].

Tension d'alimentation	
- Valeur nominale (CC) - Plage admissible, limite inférieure (CC) - Plage admissible, limite supérieure (CC)	24 V 20,4 V 28,8 V
Plage d'adresses	
Plage d'adresses de périphérie ● Entrées ● Sorties	1 024 byte 1 024 byte
Mémoire de travail	
● intégré ● extensible	100 kbyte Non
Entrées TOR	
Nombre d'entrées TOR	14; intégré
Puissance dissipée	
Puissance dissipée	12 W

Temps de traitement CPU	
-pour opérations sur bits -pour opérations sur mots - pour opérations à virgule flottante	0,085 µs /opération 1,7 µs ; / opération 2,3 µs ; / opération
Mémoire	
Type de mémoire Mémoire disponible pour données utilisateur	EEPROM 75 kbyte
Interface	
Type d'interface Physique	PROFINET Ethernet
Sorties TOR	
Nombre de sorties TOR	10; Relais
Entrées analogiques	0

II.2.2 Interface homme machine IHM

L'interface Homme/Machine permet de centraliser le contrôle d'un processus sur un seul écran. Ainsi, il est possible d'afficher plusieurs informations et de mettre à la disposition de l'opérateur des commandes qui affecteront le procédé. Ils sont surtout utilisés en complément avec un API pour avoir un affichage des états des entrées/sorties et des alarmes du système [16].

L'interface homme machine utilisée dans notre système pour superviser le processus par différent vues ; vue session, vue supervision et contrôle, vue système (Figure II.3).



Figure II. 4: IHM KTP700 basic.

Le tableau II.3 présente les caractéristiques techniques de l'IHM de la maquette.

Tableau II. 3: Caractéristiques techniques de l'IHM

Désignation du type de produit	KTP700 Basic couleur PN
Résolution (en pixels)	800x480 Pixel
Type de tension d'alimentation	CC
Valeur nominale (CC)	24V
mémoire disponible pour données utilisateur	10 Méga Octet

II.2.3 Module d'E/S décentralisée : ET200S

L'ET 200S est une station de périphérie décentralisée disposant d'une indice de protection IP20 et étant d'une modularité extrême. L'automaticien pourra ainsi concevoir sa station en fonction de ses besoins réels et peut y intégrer tous types de technologies et équipements (E/S TOR et analogiques, départs moteurs, variateurs de vitesse, modules de comptage rapide, module de positionnements etc..).La sécurité machine ou processus peut faire partie intégrante du système soit de façon conventionnelle (pré-câblée) soit par le réseau avec PROFIsafe.

II.2.3.1 Module d'interface IM151-1 BASIC (6ES7151-1CA00-0AB0)

Le module d'interface IM151-1 BASIC (Figure II.4) possède les propriétés suivantes [17] :

- Il relie l'ET 200S à PROFIBUS DP via l'interface RS485.
- La longueur maximale des paramètres est de 198 octets.
- La place maximale pour les adresses est de 88 octets pour les entrées et de 88 octets pour les sorties.
- Fonctionnement en tant qu'esclave DPV0
- Au maximum 12 modules sont utilisables avec l'IM151-1 BASIC.
- La longueur de bus maximale est de 2 m.



Figure II. 5: Module d'interface IM 151-1 PROFIBUS.

II.2.3.2 Module d'interface IM151-3 PN (6ES7151-3AA23-0AB0)

Le module d'interface IM151-3 PN (Figure II.5) possède les propriétés suivantes [18]:

- Il relie l'ET 200S au PROFINET IO
- Il traite les données pour les modules électroniques équipés et pour les départs-moteurs
- Il alimente le bus de fond de panier
- Prise en compte du nom d'appareil et sauvegarde sur la SIMATIC Micro Memory Card.
- Actualisation du microprogramme
  - Via SIMATIC Micro Memory Card
  - Via PROFINET IO

● Le potentiel de référence M de la tension nominale d'alimentation de l'IM151-3 PN est relié au profilé support (conducteur de protection) par un circuit RC, ce qui permet un montage isolé de la terre.

● Alarmes

– Alarmes de diagnostic

– Alarmes de processus

– Alarmes de débrochage/en fichage

– Alarmes de maintenance

● Le volume d'adressage s'élève à 256 octets de données d'E/S.

● Au maximum 63 modules sont utilisables avec l'IM151-3 PN.

● La longueur maximale du bus de fond de panier est de 2 m.

● Regroupement de modules à l'intérieur d'un octet (compression).

● Enregistrements pour modules d'E/S.

● Traitement des options.



Figure II. 6: Module d'interface IM 151-3 PROFINET.

II.2.3.3 Temps de réponse

II.2.3.3.1 Temps de réponse de PROFIBUS DP

Calcul des temps de réponse sur l'IM151-1 BASIC [17]

La formule suivante permet un calcul approximatif du temps de réponse de l'ET 200S :

Temps de réponse [µs] = 156 · m + 33 · do + 486 · ai + 374 · ao + 1633 · t + 934

Avec

- m : Le nombre total de tous les modules (modules d'alimentation, modules électroniques TOR, modules électroniques analogiques, modules électroniques 4 IQ-SENSE, module de distribution de potentiel 4POTDIS, module RESERVE, modules technologiques et départs-moteurs)
- do : somme de tous les modules de sortie TOR
- ai: somme de tous les modules d'entrée analogiques et modules électroniques
- ao : somme de tous les modules de sortie analogiques
- t : nombre de tous les modules technologiques

II.2.3.3.2 Temps de réponse de PROFINET IO

Calcul du temps de réaction de l'IM151-3 PN [18]

La formule suivante permet un calcul approximatif du temps de réponse de l'ET 200S :

Temps de réponse [µs] : 390

+ Maximum de (380 + 9m + 11do) ou (24m + 40ai + 80t)

+ Maximum de (120 + 9m) ou (24 + 9do + 40ao + 80t)

m: nombre total de tous les modules (modules d'alimentation, modules électroniques numériques, modules technologiques)

do : somme de tous les modules de sortie TOR.

di: somme de tous les modules d'entrée TOR.

ao : somme de tous les modules de sortie analogiques.

ai: somme de tous les modules d'entrée analogiques et modules électroniques

t : nombre de tous les modules technologiques (sans 1SSI fast, sans 1COUNT fast)

II.2.4 Module de communication CM 1243-5

Le module de communication CM 1243-5 (Figure II.6) permet de connecter le S7-1200 à un système de bus de terrain PROFIBUS, lorsque l'automate est équipé d'un CM 1243-5 il peut assurer la fonction Maître d'un système maître DP subordonné. Le module maître DP CM 1243-5 permet au S7-1200 de communiquer avec [19]:

- Périphérie décentralisée SIMATIC ET200.
- CPU S7-1200 avec CM 1242-5.
- CPU S7-200 avec module PROFIBUS DP EM 277.
- Variateurs SINAMICS.
- Moteurs et actionneurs de divers fabricants.
- Capteurs de divers fabricants.
- CPU S7-300/400 avec interface PROFIBUS.



Figure II. 7 : Module de communication CM 1243-5.

II.2.5 Variateur de vitesse siemens G120

Le variateur est un composant électrique permet de commander la vitesse de rotation des moteurs asynchrone triphasé.

II.2.6 Alimentation

La maquette dispose d'un Boitier de protection électrique (Alimentation Triphasée 400V + N +T)

II.2.7 Boitiers de commande et supervision

Le système 1 est relié directement aux entrées et aux sorties de l'automate il est divisé en 3 parties

- **Première partie**

C'est la partie commande, elle est constitué de 3 boutons poussoirs et 3 switches

- **Deuxième partie**

C'est la partie opérative, elle est constituée de 7 lampes LED dont 4 rouges et 3 verts

- **Troisième partie**

C'est la partie de simulation des détecteurs et capteurs elle est composé aussi de 3 boutons poussoirs et 3 switches

Le système 2 est relié au périphérique décentralisé IM151-1 (PROFIBUS), il est constitué de 4 LED dont 2 rouge et 2 vert pour visualisé l'état des actionneurs et 2 boutons poussoirs et 2 switches pour simuler les capteurs et détecteurs.

Le système 3 est relié au périphérique décentralisé IM151-3 (PROFINET), il est constitué de 4 LED dont 2 rouge et 2 vert pour visualisé l'état des actionneurs et 2 boutons poussoirs et 2 switches pour simuler les capteurs et détecteurs.

II.3 Conclusion

Dans ce chapitre on a vue des descriptions et des caractéristiques techniques des différents composants constituant notre maquette, et aussi le but académique de cette maquette.

Chapitre III

Description de TIA PORTAL

III.1 Introduction

Ce chapitre sera consacré à la description du software utilisé dans notre projet. Nous parlerons sur les outils logiciels de programmation utilisés pour programmer l'automate SIEMENS S7-1200 ainsi que l'IHM en donnant des détails sur chaque étape entreprise.

III.2 TIA Portal (Totally Integrated Automation)

Le logiciel de Siemens « Totally Integrated Automation Portal » (Figure III.1) apporte une réponse optimale à toutes les exigences et offre un concept ouvert vis à vis des normes internationales et de systèmes tiers, le TIA Portal accompagne l'ensemble du cycle de vie d'une machine ou d'une installation [20].



Figure III. 1: Logo de TIA PORTAL.

III.2.1 Description du logiciel TIA Portal

Le logiciel « Totally Integrated Automation Portal » est le nouvel environnement de travail Siemens qui permet de mettre en œuvre des solutions d'automatisation avec un système d'ingénierie intégré comprenant les logiciels SIMATIC Step7 et SIMATIC Win CC [20] (Figure III.2).

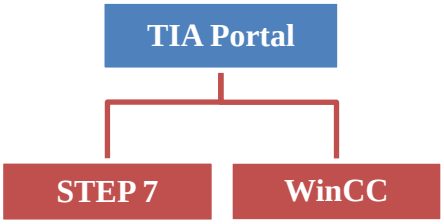


Figure III. 2: Illustration de la construction de TIA portal

III.2.2 SIMATIC STEP 7

SIMATIC STEP 7 est le logiciel d'ingénierie le plus connu et le plus utilisé dans le monde pour l'automatisation industrielle. SIMATIC STEP 7 Version 15 est un système d'ingénierie fonctionne sous le logiciel TOTALLY INTEGRATED Automation Portal (TIA Portal). Avec SIMATIC STEP 7 V15, l'utilisateur peut configurer, programmer, tester et faire le diagnostic de tous les automates SIMATIC [20].

III.2.3 Vues du TIA Portal

Lorsqu'on lance TIA Portal, l'environnement de travail se décompose de deux types de vue

- **Vue du portal :** elle est axée sur les tâches à exécuter et sa prise en main est très rapide.

-Vue du projet : elle comporte une arborescence avec les différents éléments du projet, les éditeurs requis s'ouvrent en fonction des tâches à réaliser. Données, paramètres et éditeurs peuvent être visualisés dans une seule et même vue [21].

III.2.3.1 Vue du portal

Chaque portail permet de traiter une catégorie de tâche (action) la fenêtre affiche la liste des actions peuvent être réalisées pour la tache sélectionnée (Figure III.3).

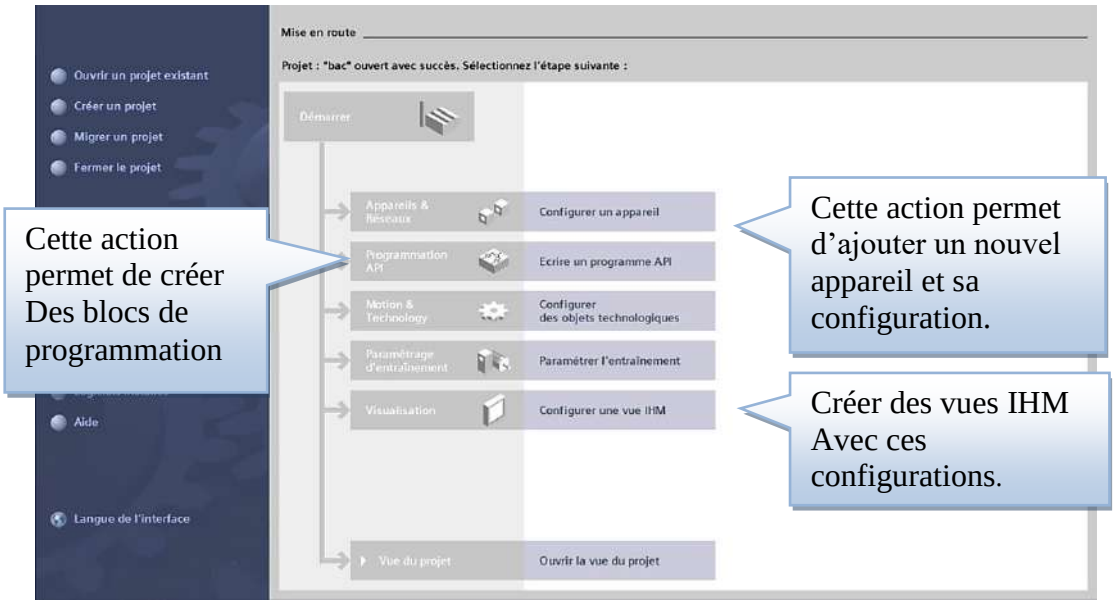


Figure III. 3: Vue du portal V15.

III.2.3.2 Vue du projet

La vue « Projet » (Figure III.4) contient l'ensemble des éléments et des données nécessaires pour mettre en œuvre la solution d'automatisation souhaitée.

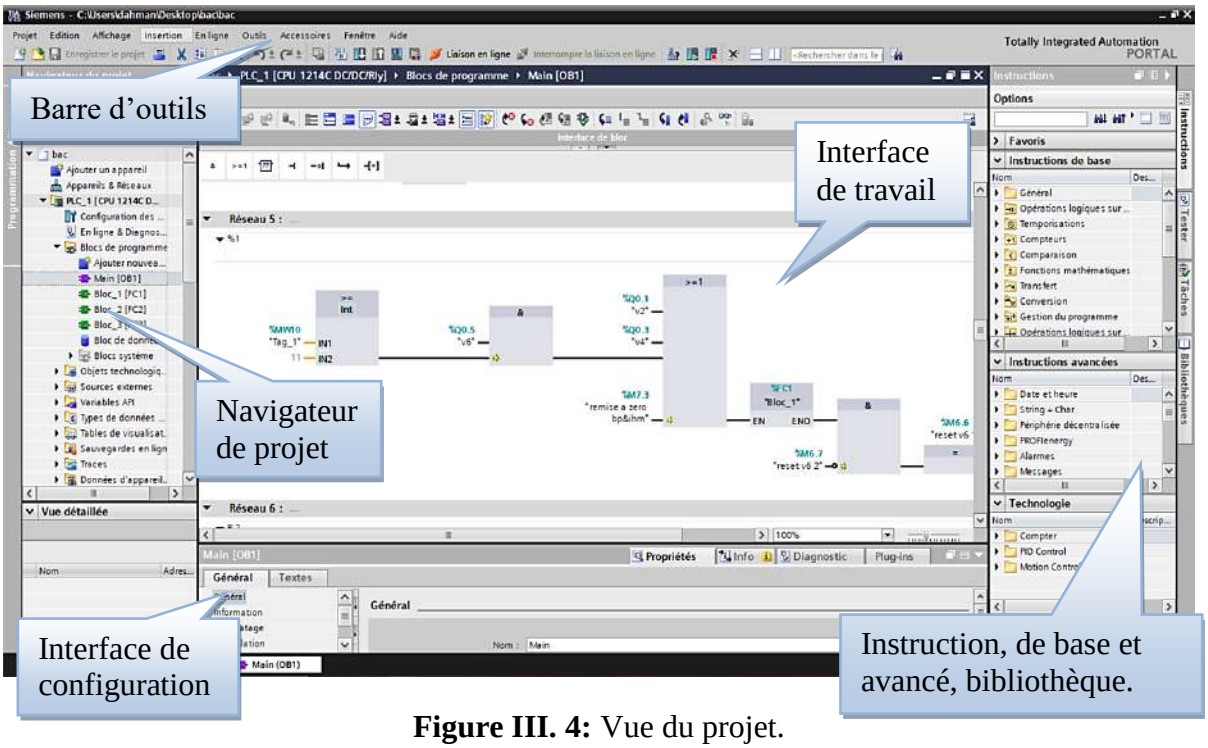


Figure III. 4: Vue du projet.

III.2.4 Avantages du logiciel TIA portal

- Programmation intuitive et rapide : avec des éditeurs de programmation développés SCL, CONT, LOG, LIST et GRAPH.
- Efficacité accrue grâce aux innovations linguistiques de STEP 7 : programmation symbolique uniforme, Calculate Box, ajout de blocs durant le fonctionnement, et bien plus encore.
- Performance augmentée grâce à des fonctions intégrées : simulation avec PLCSIM, télémaintenance avec diagnostic système cohérent.
- Technologie flexible : Fonctionnalité motion control évolutive et efficace pour les automates S7-1500 et S7-1200.
- Sécurité accrue avec « Security Integrated » : Protection du savoir-faire, protection contre la copie, protection d'accès et protection contre la falsification.
- Environnement de configuration commun avec pupitres IHM et entraînements dans l'environnement d'ingénierie TIA Portal.

III.3 Étapes d'automatisation logicielle

Dans cette partie, nous présentons les tâches fondamentales nécessaires à la planification d'une solution d'automatisation à base d'un automate programmable (API). Il existe de nombreuses méthodes pour concevoir une solution d'automatisation. La Figure III.5 résume ces taches.

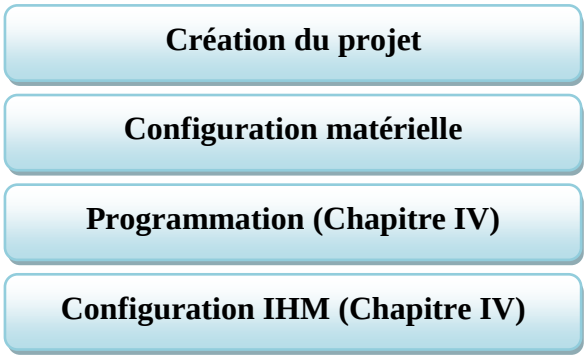


Figure III. 5: Planification d'une solution d'automatisation**.**

III.3.1 Création du projet

C'est la première étape, elle consiste à créer un nouveau projet sur TIA Portal. La Figure III.6 illustre cette étape.

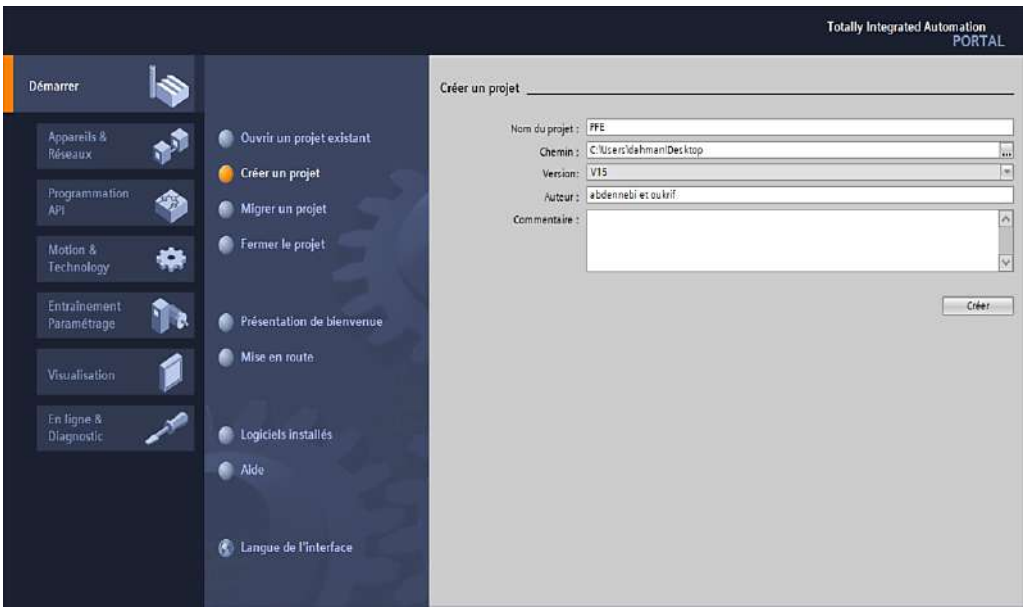


Figure III. 6: étape de création du projet.

III.3.2 Configuration matérielle

Après la création du projet nous allons suivre plusieurs étapes pour choisir les appareils qu'on dispose sur la maquette parmi un très large choix proposés par TIA PORTAL, chaque dispositif par ses références (Figure III.7).

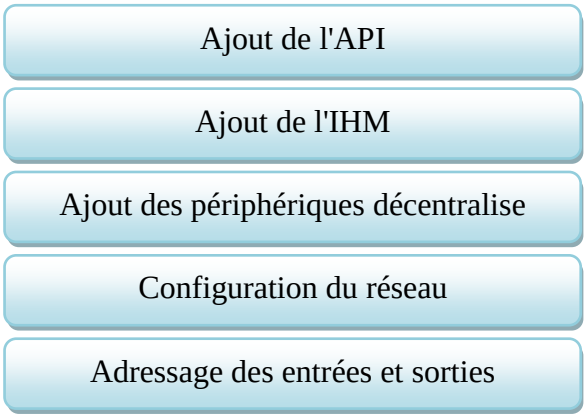


Figure III. 7: Planification de la configuration.

III.3.2.1 Ajout de l'API

On commence par choisir un API de la référence S7-1200 CPU 1214C DC/DC/Rly version 4.2

Dans la liste proposée (Figure III.8 et III.9).

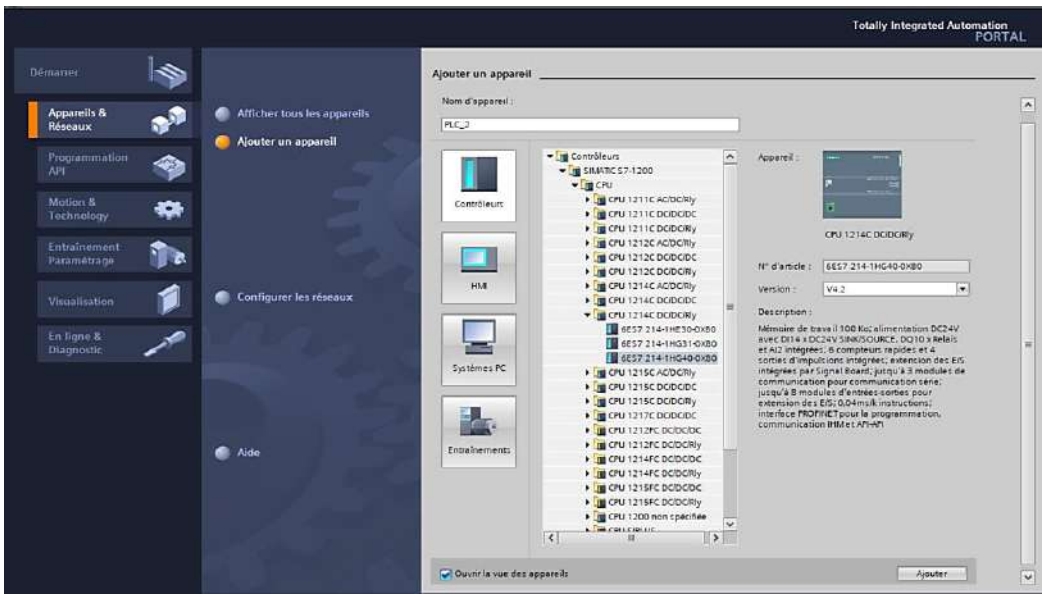


Figure III. 8: Ajout d'API.



Figure III. 9: Description de l'appareil ajouté.

III.3.2.2 Ajout de l'IHM

Après l'ajout API nous allons ajouter un appareil d'interface Homme/Machine, le logiciel nous affiche plusieurs types des IHM, puis nous choisissons l'HMI KTP700 Advanced de référence 6AV2 123-2GB03-0AX0, version 15.0.0.0 (Figure III.100).

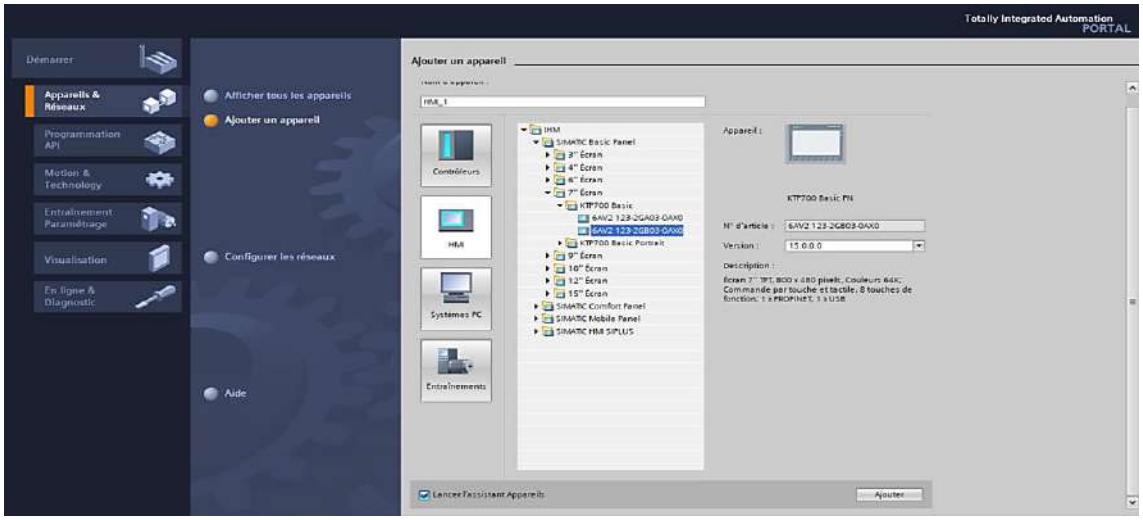


Figure III. 11: Ajout d'IHM.

III.3.2.3 Ajout de périphériques décentralisés

Après l'ajout de notre IHM nous allons ajouter un périphérique décentralise ET200S de communication PROFINET IM151-3 PN puis son module d'alimentation PM-E DC24V, ensuite on doit choisir un module pour les signaux d'entrée 4DI x DC24V ST et un module pour les signaux de sortie 4DO x DC24V/0.5A ST (Figure III.11).

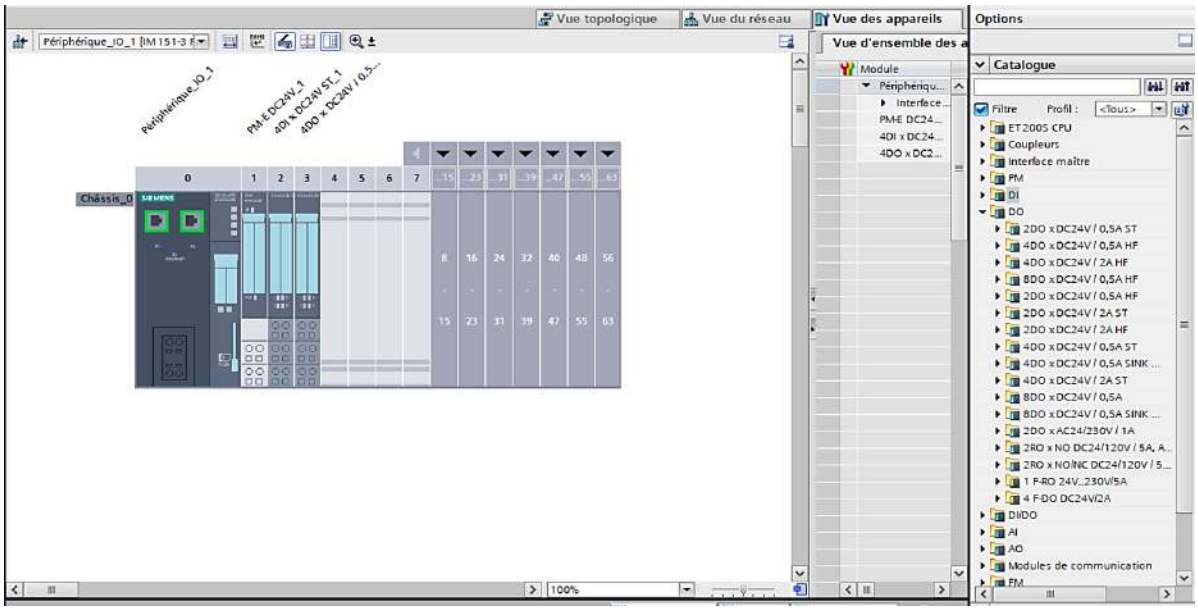


Figure III. 12: Ajout d'un périphérique décentralise.

III.3.2.4 Établissement d'une liaison IHM/API/IM151-3 PN

Il faut d'abord créer une liaison entre l'API et l'IHM et notre périphérique ET200S voir l'annexe A, cela permet de lire les données qui se trouvent dans l'automate, le type de réseau PROFINET interface avec une adresse 192.168.10.3 pour l'IHM et une adresse 192.168.10.1 pour l'API, et une adresse 192.168.10.2 pour IM151-3 PN (Figure III.12).

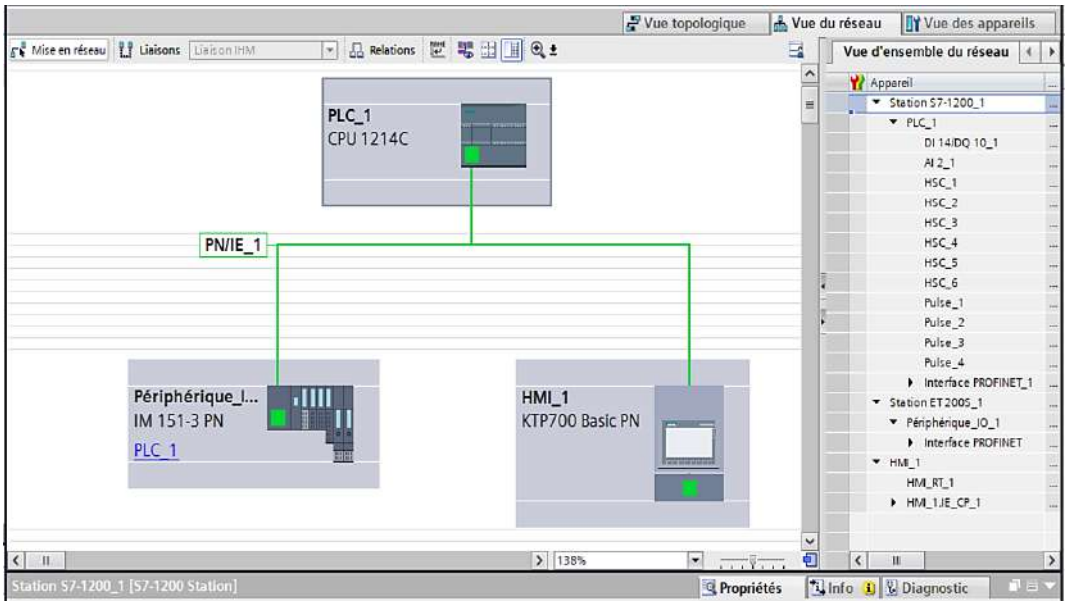


Figure III. 13: liaison IHM/API/ IM151-3 PN.

III.3.2.5 Adressage des entrées et sorties

Les variables peuvent être de type entrée, sortie et mémento :

- **Entrées :**

Pour savoir l'état et le déroulement de procès l'automate récolte des informations venantes de l'installation et cela via des entrées automate qui sont connecté aux différents capteurs et boutons de l'installation pour ensuite les traiter et générer ainsi la commande.

- **Sorties :**

Après traitement des données d'entré et pour commander l'installation, l'automate doit générer et envoyer des signaux par ces sortie. Les sorties de l'API sont connectées aux différents actionneurs de l'installation.

- **Mémento :**

Zone de mémoire dans la mémoire système d'une CPU. Il est possible d'y accéder en écriture et en lecture (par bit, octet, mot et double mot). La zone des mémentos permet à l'utilisateur d'enregistrer des résultats intermédiaires.

- **Adressage :**

Dans TIA portal, toutes les variables globales (entrées, sorties, mémentos) possèdent une adresse symbolique et une adresse absolue.

➢ **L'adresse absolue :** représente l'identificateur d'opérande (I, Q, M) et son adresse et numéro de bit.

➢ **Adresse symbolique :** correspond au nom que l'utilisateur a donné à la variable (ex : bouton marche). Le lien entre les adresses symboliques et absolues se fait dans la table des variables API.

Lors de la programmation, il est possible de choisir d'afficher les deux adresses absolues, symboliques ou encore les deux simultanément.

III.4 Conclusion :

Dans ce chapitre ont vu les différentes étapes à suivre pour crée un projet au niveau du logiciel de programmation TIA PORTAL version 15, et aussi la méthode à suivre pour le choix des différents composants constituant notre maquette, ainsi que la configuration du réseau de communication PROFINET. Ces étapes sont nécessaires afin d'entamer à développer une solution d'automatisation d'un cahier de charge

Chapitre IV

Programmation et supervision

IV.1 Introduction

Ce chapitre sera divisé en deux parties, la première sera consacrée à la démonstration des étapes de la programmation de l'automate ainsi que l'IHM pour un système de filtrage des eaux industrielles. Dans la seconde partie on présentera l'implémentation du programme (API, IHM) ainsi que des tests réels sur la maquette.

IV.2 Cahier des charges

Notre projet consiste à commander et contrôler un système de filtrage des eaux industrielles en utilisant le PROFINET comme solution pour la communication entre les différents périphériques (API, IHM, capteurs, actionneurs,...) (Figure IV.1).

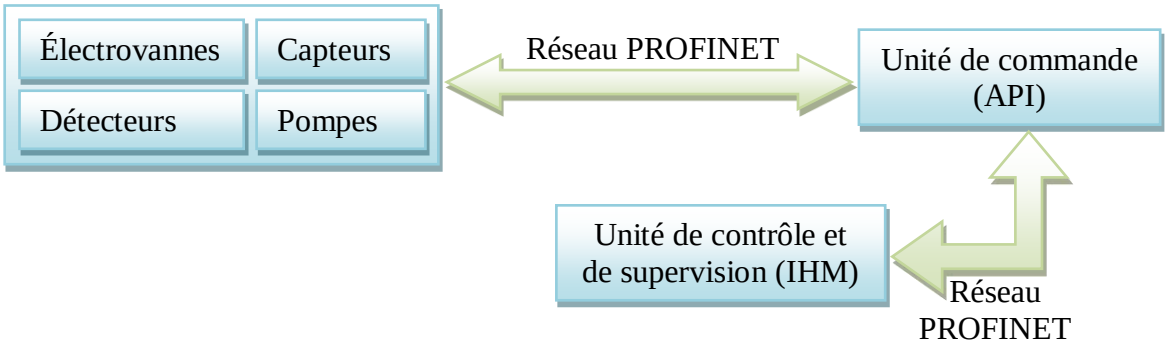


Figure IV. 1: Hiérarchie du système.

Le processus dispose de 3 réservoirs d'eau, 7 électrovannes, deux pompes et plusieurs capteurs. Le principe de fonctionnement est démontré selon le schéma et l'organigramme des Figure IV.2 et IV.3 respectivement.

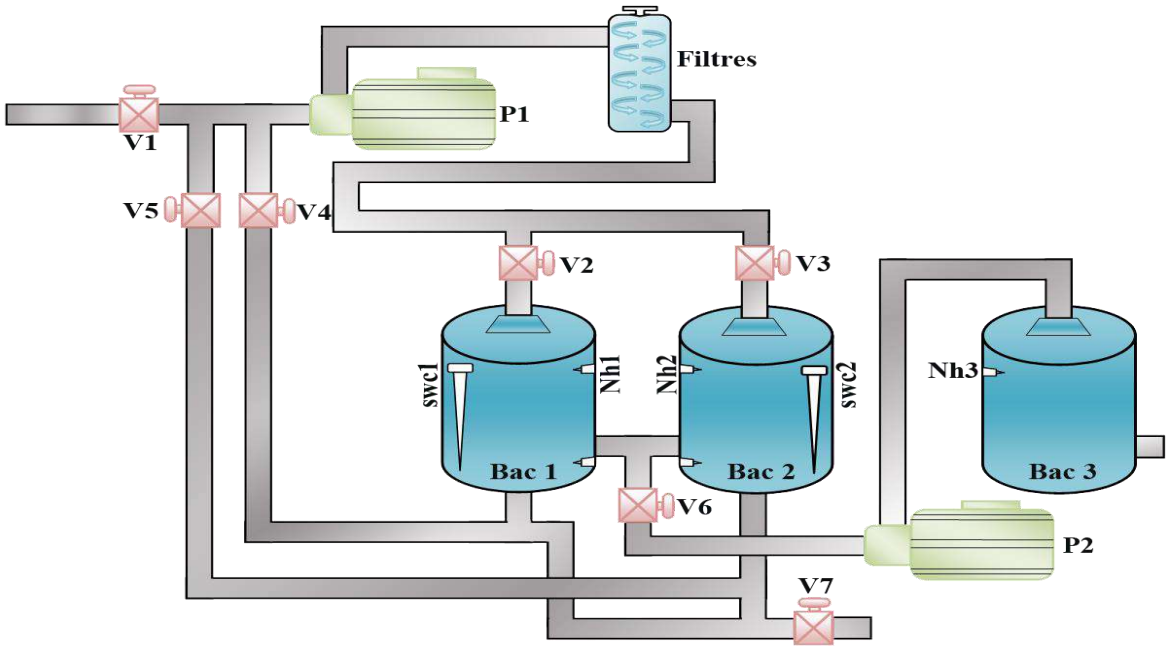


Figure IV. 2 : Schéma de fonctionnement.

IV.2.1 Organigramme de fonctionnement

L'organigramme de la Figure IV.3 représente le principe de fonctionnement de notre système.

V Électrovanne
P La pompe
SWC Sensor Water Clear (En)
ARH Arrêter remplissage au niveau de l'IHM
NH Détecteur de niveau haut

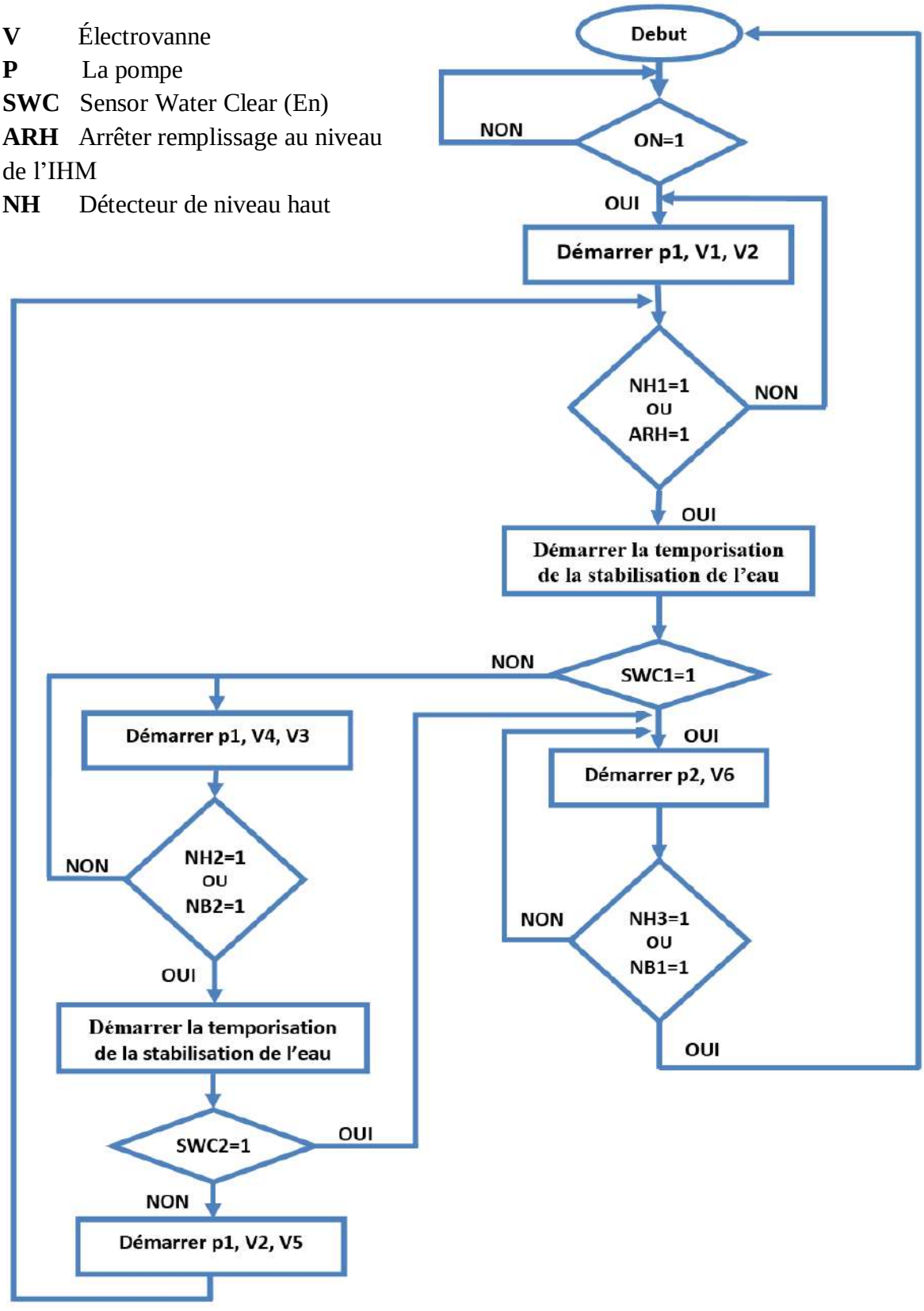


Figure IV. 3: Organigramme de processus.

La première partie relative à la programmation est décomposée en deux étapes essentielles :

- Programmation de l'automate
- Programmation de l'IHM

IV.3 Programmation de l'automate :

Une fois la configuration matérielle au niveau du TIA PORTAL est faite, nous arriverons à la partie de programmation de l'API (Figure IV.4).

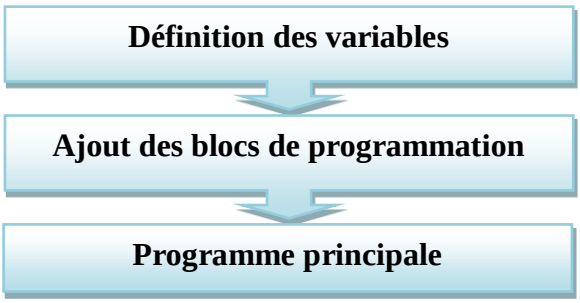


Figure IV. 4: Les étapes de programmation.

IV.3.1 Définition des variables :

Avant de commencer la programmation on déclare d'abord toutes les variables avec lesquelles on va contrôler le système (Figure IV.5).

C'est dans la table des variables API que l'on va pouvoir déclarer toutes les variables et les constantes utilisées dans le programme. Lorsque l'on définit une variable API, il faut définir :

- Un nom : c'est l'adressage symbolique de la variable.
- Le type de donnée : BOOL, IN, TIME.
- L'adresse absolue : par exemple Q 1.5.

On peut également insérer un commentaire qui nous renseigne sur cette variable. Le commentaire peut être visible dans chaque réseau utilisant cette variable.

On a 63 variables dans notre système divisé en trois catégories 55 BOOL, 3 INT et 5TIME.

bac ▸ PLC_1 [CPU 1214C DC/DC/Rly] ▸ Variables API

Variables | Constantes utilisateur | Constantes système

Variables API

	Nom	...	Type de données	Adresse	Commentaire
1	ON	...	Bool	%I0.0	bouton de démarrage
2	OFF F	...	Bool	%I0.5	bouton d'arret d'urgence
3	nb bac1	...	Bool	%I0.4	détecteur de niveau bas du BAC 1
4	nh bac1	...	Bool	%I1.0	détecteur de niveau haut du bac 1
5	swc 1	...	Bool	%I1.1	sensor water clear du bac1
6	swc 2	...	Bool	%I1.3	sensor water clear du bac 2
7	nb bac2	...	Bool	%I2.1	détecteur de niveau bas de bac 2
8	nh bac2	...	Bool	%I1.2	détecteur de niveau du bac 2
9	nh3	...	Bool	%I2.0	détecteur de niveau du bac 3
10	av7	...	Bool	%I0.3	bouton d'évacuation d'eau du bac 3
11	remise a zero bp	...	Bool	%I0.2	
12	v8	...	Bool	%I2.3	éléctrovanne 8
13	v1	...	Bool	%Q0.0	éléctrovanne 1
14	v2	...	Bool	%Q0.1	éléctrovanne 2
15	v3	...	Bool	%Q0.2	éléctrovanne 3
16	v4	...	Bool	%Q0.3	éléctrovanne 4
17	v5	...	Bool	%Q0.4	éléctrovanne 5
18	v6	...	Bool	%Q0.5	éléctrovanne 6
19	pompe1	...	Bool	%Q1.0	
20	pompe2	...	Bool	%Q1.1	
21	v7	...	Bool	%Q0.6	électrovanne 7
22	run variateur	...	Bool	%Q0.7	variateur de vitesse
23	clignotement	...	Bool	%Q2.0	lampe alarme 1
24	clignotement filtre	...	Bool	%Q2.3	lampe alarme 2
25	MEM	...	Bool	%M7.2	varirble interne
26	ON ihm	...	Bool	%M0.0	bouton de démarrage au niveau d'IHM
27	ihm	...	Bool	%M2.0	variable interne
28	Tag_1	...	Int	%MW10	variable interne
29	arreter remplissage bac1 IHM	...	Bool	%M5.0	bouton d'arrêter le remplissage
30	swc1 ihm	...	Bool	%M5.1	
31	arreter remplissage bac2 IHM	...	Bool	%M5.3	bouton d'arrêter le remplissage
32	swc2 ihm	...	Bool	%M5.4	
33	tag_2	...	Int	%MW19	variable interne
34	nb1ihm	...	Bool	%M5.7	
35	nb2 ihm	...	Bool	%M6.0	
36	OFF ihm	...	Bool	%M6.1	

Figure IV. 5: Partie de la table de variables.

La Figure IV.6 représente des exemples des variables dans la table des variables :

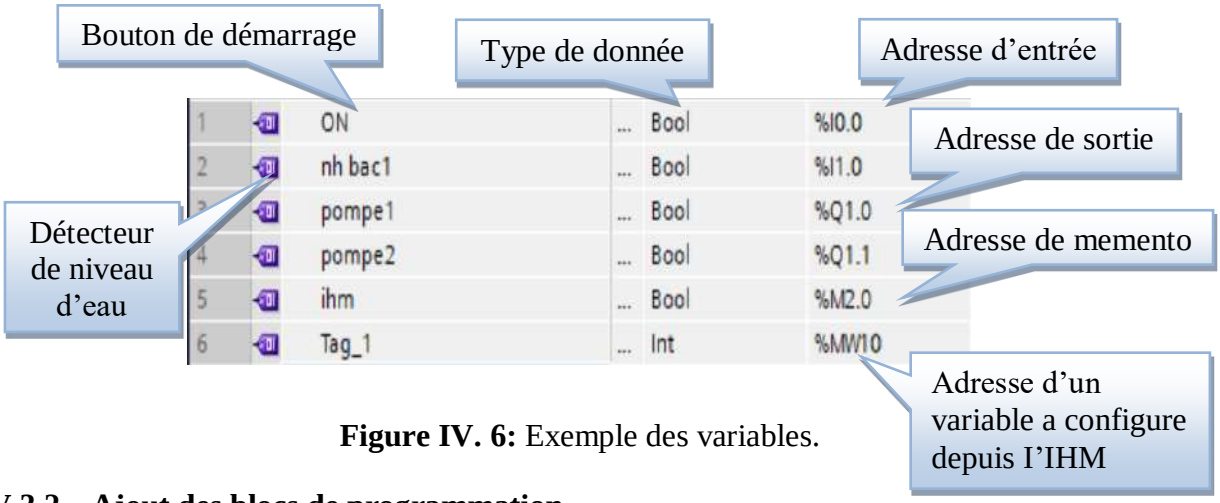


Figure IV. 6: Exemple des variables.

IV.3.2 Ajout des blocs de programmation

L'automate met à disposition différents types des blocs qui contiennent le programme et les données correspondantes. Selon les exigences et la complexité du processus, il est possible déstructurer le programme en différents blocs : OB, FB et FC [13].

- **Blocs d'organisation (OB) :** Les blocs d'organisations gèrent le programme utilisateur.

- **Blocs fonctionnels (FB) :** Les blocs fonctionnels sont des blocs de code qui sauvegardent en permanence leurs valeurs dans des blocs de données d'instance afin qu'il soit possible d'y accéder même après le traitement du bloc.
- **Fonctions (FC) :** Les FC contiennent des routines de programmes pour les fonctions fréquemment utilisées. Les fonctions sont des blocs de code sans mémoire.
- **Blocs de données (DB) :** Les blocs de données (DB) sont des zones de données dans le programme utilisateur qui contiennent des données utilisateur.
- **Blocs fonctionnels système (SFB) et fonctions système (SFC) :** Les SFB et SFC sont intégrés à la CPU S7, ils permettent de réaliser quelques fonctions systèmes importantes [13].

IV.3.2.1 Choix de bloc et de langage

En sélectionnant le bloc MAIN [OB1] sur la vue de navigateur de projet et en cliquant sur propriétés, la fenêtre suivante s'affichera, ensuite en choisissant langage LOG parmi les trois langages qui existent dans le bloc d'organisation (CONT, LIST, LOG) (Figure IV.7).

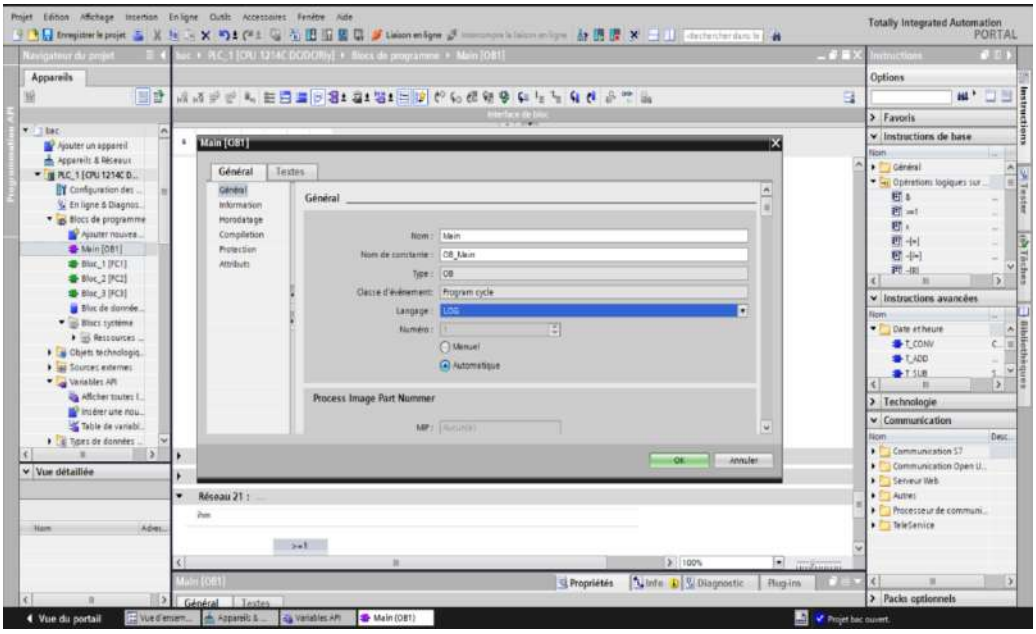


Figure IV. 7: Choix de bloc et de langage.

Ce menu de navigation contient l'ensemble des éléments et des données nécessaires pour mettre en œuvre la solution d'automatisation souhaitée

IV.3.3 Programme principale

La programmation de l'automate se fait selon l'organigramme de fonctionnement de notre système, nous allons programmer l'automate en utilisant les instructions disponibles dans l'onglet suivant : (Figure IV.8).

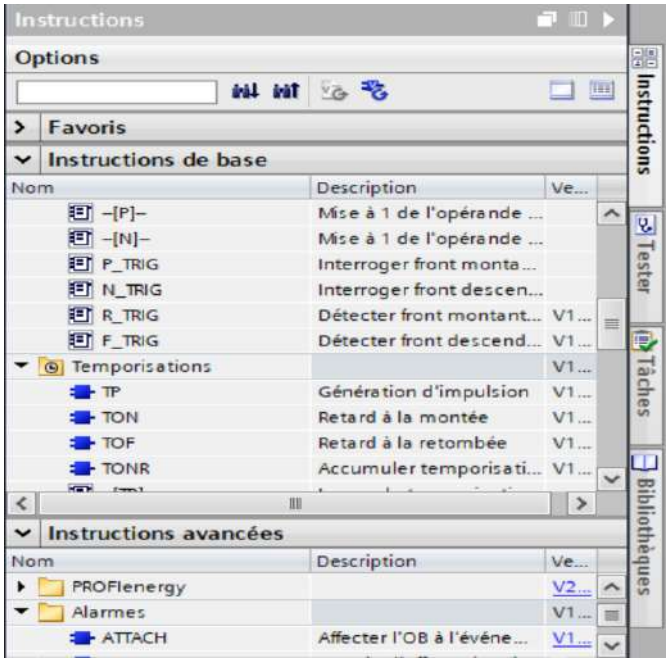


Figure IV. 8: Onglet de sélection des taches et instructions de TIA PORTAL.

L'onglet de sélection des tâches se trouvant à gauche de vue de projet ont un contenu qui varie en fonction de l'objet sélectionné (configuration matérielle, bibliothèques des composants, bloc de programme, instructions de programmation). C'est dans cet onglet qu'on va piocher les différentes instructions et bloc de programme dont on aura besoin pour réaliser notre programme[22].

IV.3.4 Programme principale main [OB1]

Le bloc MAIN OB1 Figure IV.9 contient le programme principal pour le contrôle des vannes, le démarrage des Pompes, les alarmes et les fonctions mathématique pour simuler le niveau d'eau dans la cuve. Ce bloc est composé de :

- Programme du démarrage du système
- Programme d'alarme
- Fonctions esclaves
- Programme d'arrêt d'urgence

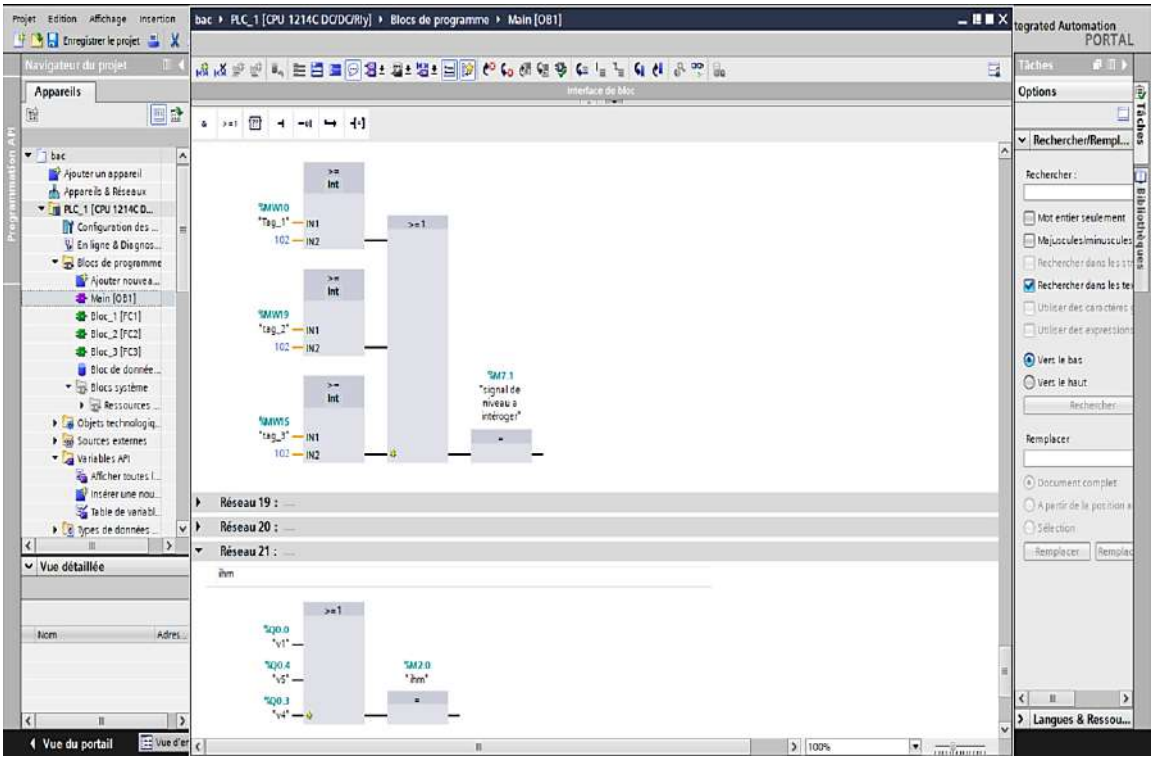


Figure IV. 9: Partie du programme principale du système.

IV.3.4.1 Programme de la marche / arrêt du système

La base du programme est composée de plusieurs blocs représentant les différentes conditions de marche/arrêt des pompes et d'ouverture/fermeture des vannes. Quand les conditions sont réalisées, l'opération logique & met à 1 le bit de la sortie des différents pompes /vannes Pour les démarrer/ouvrir (Figure IV.10).

En cas de défaut de détecteurs de niveau haut d'eau ou bien une alarme concernant la durée de vie des filtres ou l'arrêt d'urgence ou le niveau haut du 3eme bac les conditions de démarrage de notre système ne seront pas satisfaisantes pour le démarrer.

IV.3.4.2 Condition d'ouverture la vanne principale

La vanne principale (vanne 1) est responsable au remplissage des deux bacs (1 et 2), la vanne 1 ne peut être ouverte que si les deux bacs sont vides ou bien le premier bac est égale ou inférieur à 10% et le deuxième bac est vide ou bien le premier bac est vides et le deuxième bac est inférieur ou égale à 10% plus d'autres conditions pour des mesures de sécurité, (Figure IV.11).

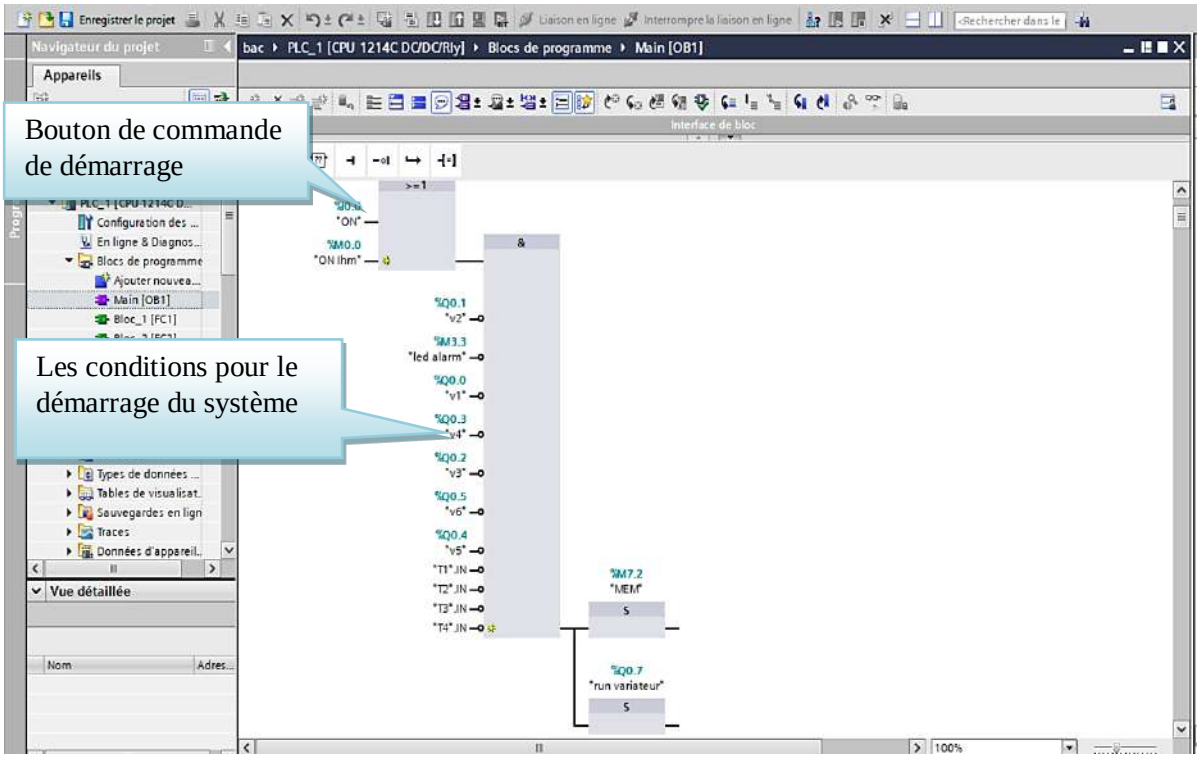


Figure IV. 10: Réseau de démarrage.

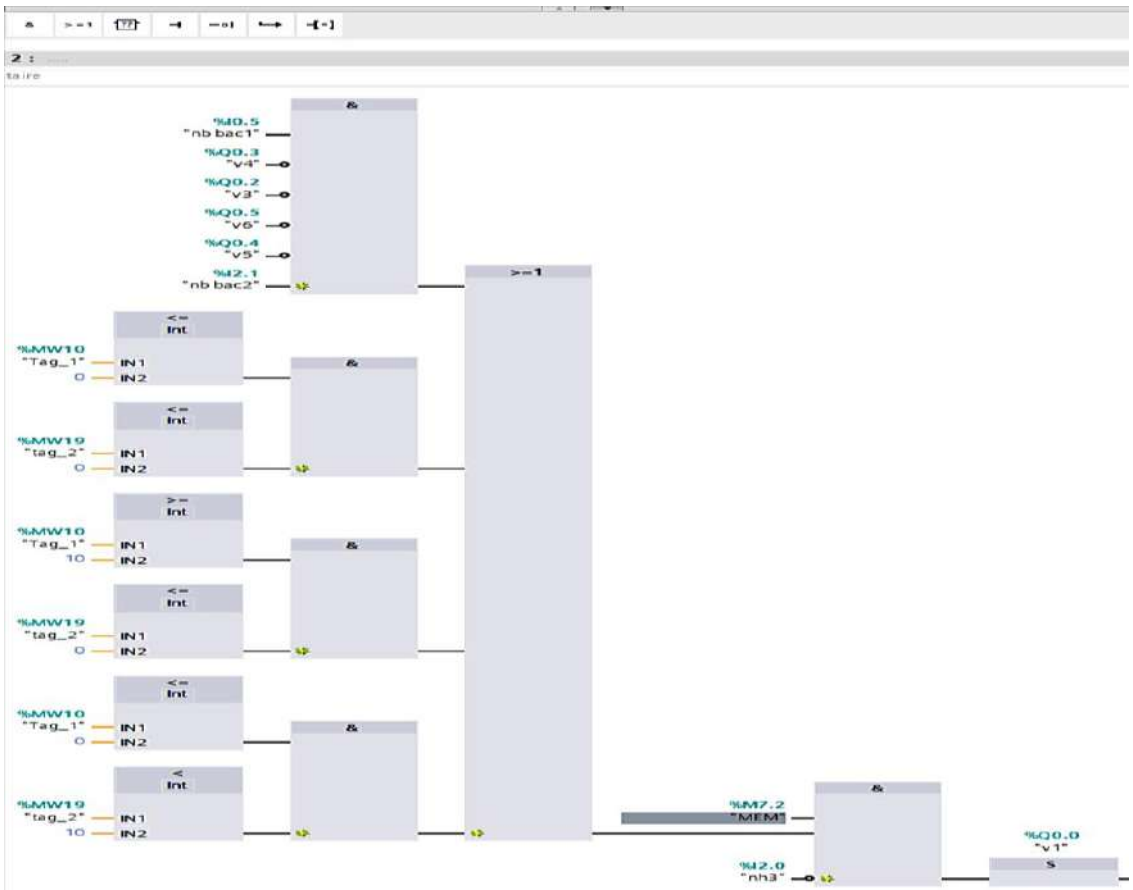


Figure IV. 11: Conditions d'ouverture la vanne principal.

IV.3.4.3 Condition d'appel du programme de l'esclave 1

Le programme esclave 1 est responsable sur l'opération du comptage de la quantité d'eau remplis ou évacuer du premier bac. Le programme esclave 1 ne peut être appelé que si le niveau d'eau du premier bac est inférieur ou égale à 10% et l'ouverture de la vanne 6 ou bien la vanne 2 et la vanne 4, (Figure IV.12).

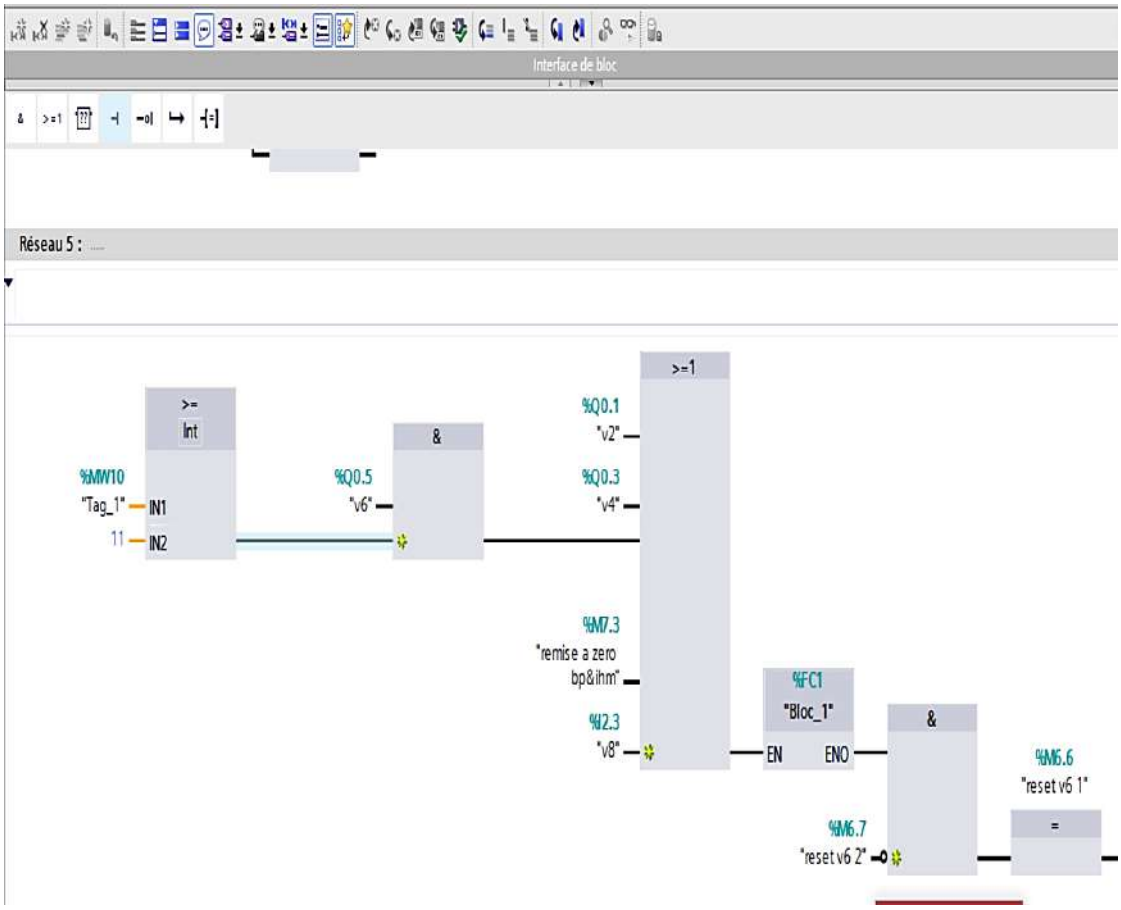


Figure IV. 12: Condition d'appeler la fonction 1.

IV.3.4.4 Programme d'arrêt du remplissage du bac1

Ce réseau du programme est pour arrêter le remplissage du bac 1 sous certaines conditions, (Figure IV.13).

- Niveau du bac 1 est supérieur ou égale à 10%
- L'appui sur le Bouton d'arrêter le remplissage au niveau d'IHM
- Niveau haut du bac 1 atteint

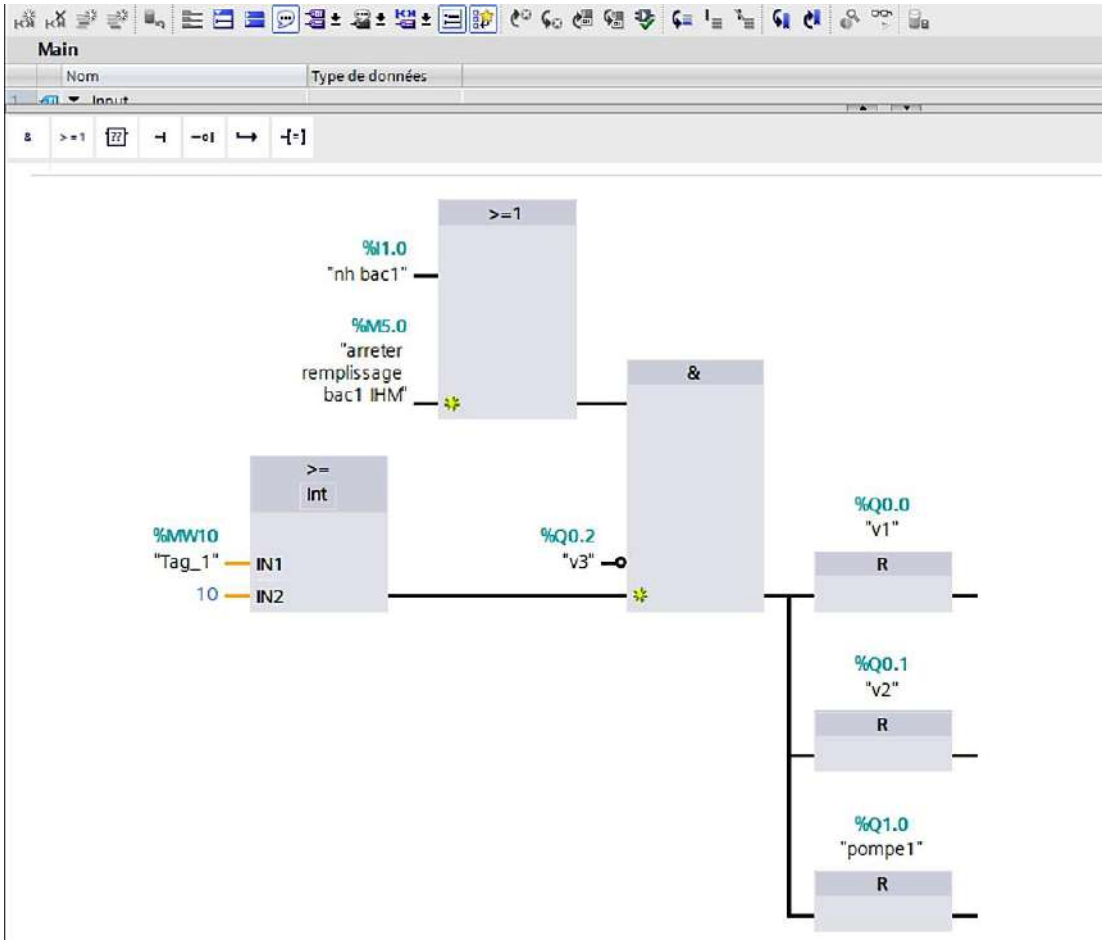


Figure IV. 13: Programme de surveillance du l'opération de remplissage.

IV.3.4.5 Programme de détection de défaillance du détecteur de niveau

Lorsque le niveau d'eau dépasse le niveau maximal (Figure IV.14) :

- Une lampe clignote indiquant qu'il y'a un problème
- Le processus de remplissage s'arrête
- Un message d'alarme s'affiche sur l'écran indiquant une défaillance de détecteur de niveau.

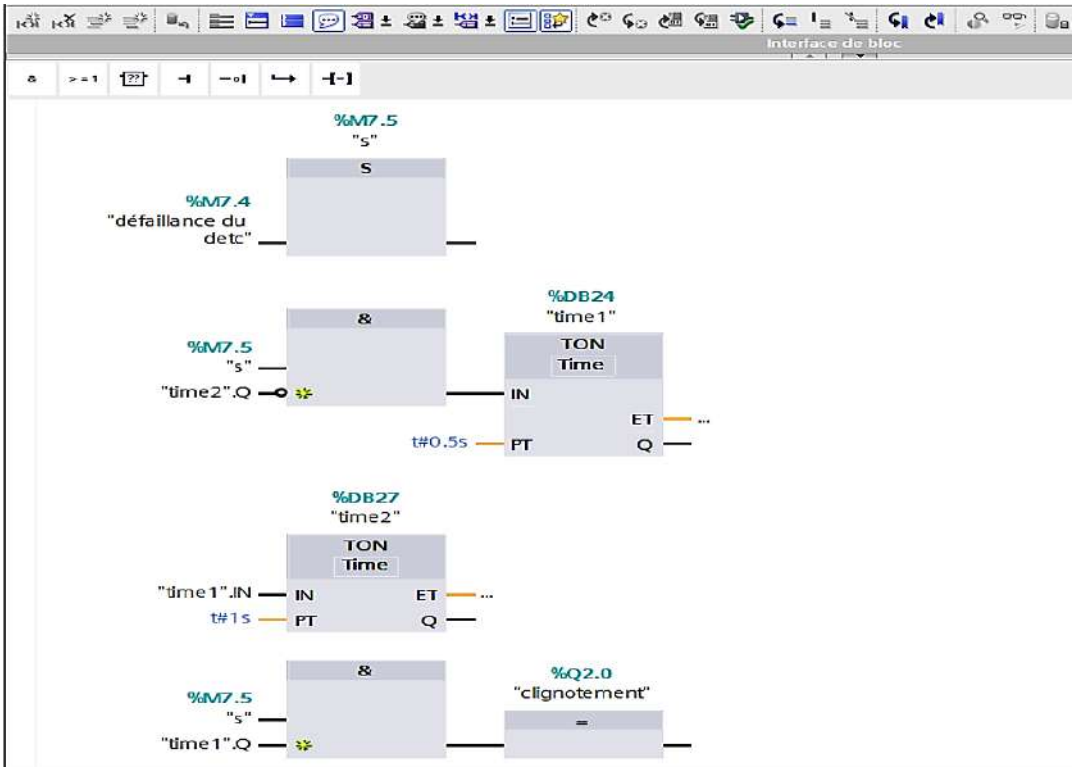


Figure IV. 14: Partie du Programme de détection de la défaillance des détecteurs de niveau.

IV.3.4.6 Tempe de stabilisation des eaux

Lorsque le bac est rempli on donne une certaine durée de temps pour que l'eau se stabilise afin de donner les meilleures conditions au détecteur SWC pour détecter la pureté de l'eau. Ce temps de stabilisation est configurable depuis l'IHM, (Figure IV.15).

IV.3.4.7 Évacuation des eaux vers le bac 3

Ce sont deux réseaux pour l'évacuation des eaux vers le troisième bac. Cette opération est effectuée selon l'état du détecteur SWC. (Figure IV.16).

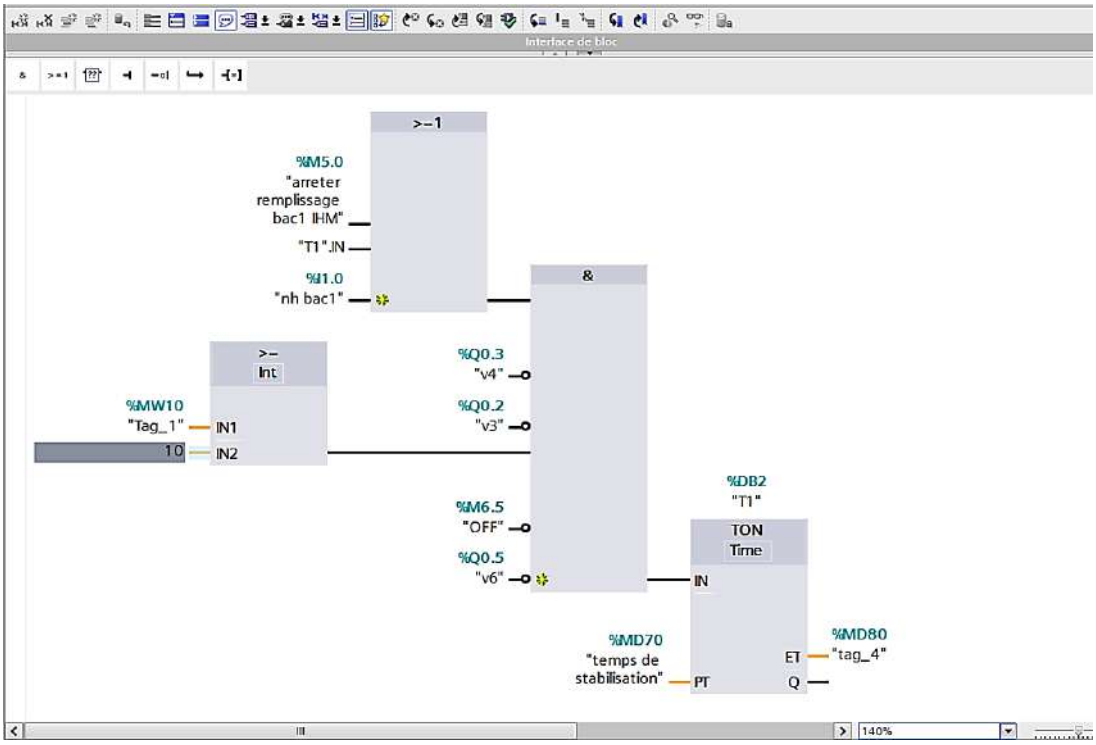


Figure IV. 15 : Temps de stabilisation.

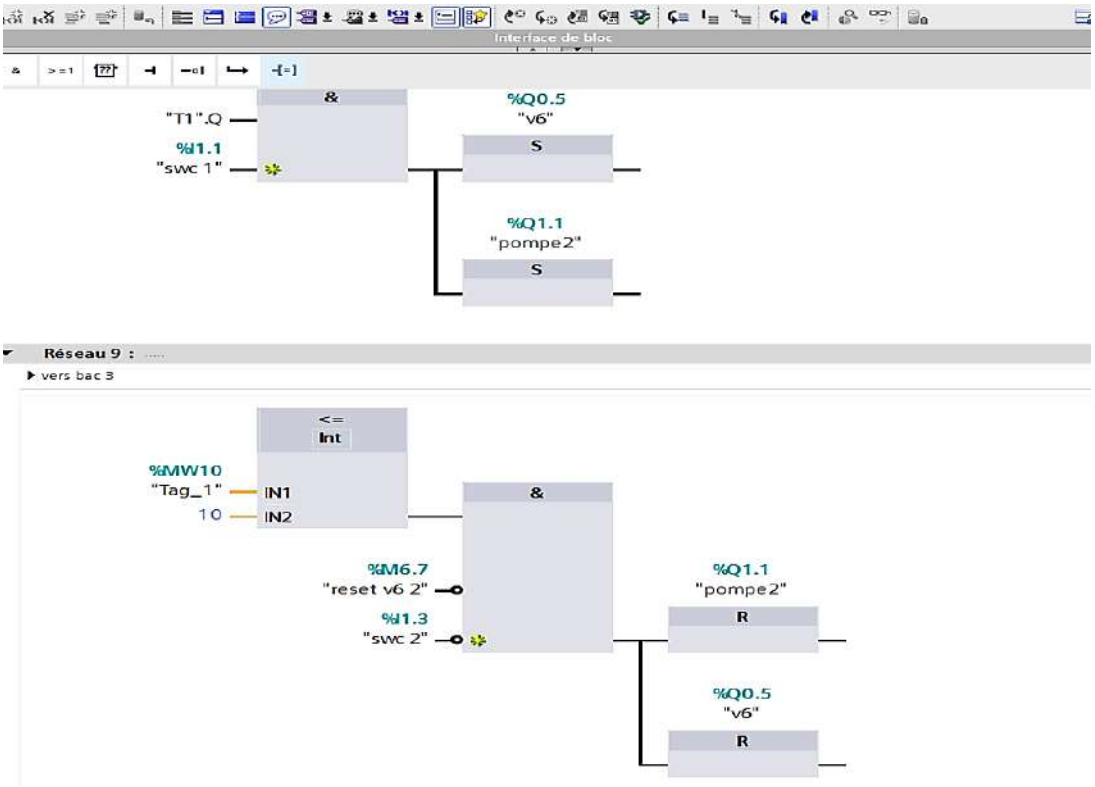


Figure IV. 16: Partie du Programme d'évacuation vers bac 3.

IV.3.4.8 Programme de déclanchement d'alarme

Ce programme fait le comptage de combien de fois on utilise les filtres, lorsque le nombre souhaité est atteint le programme suivant sera actif. (Figure IV.17).

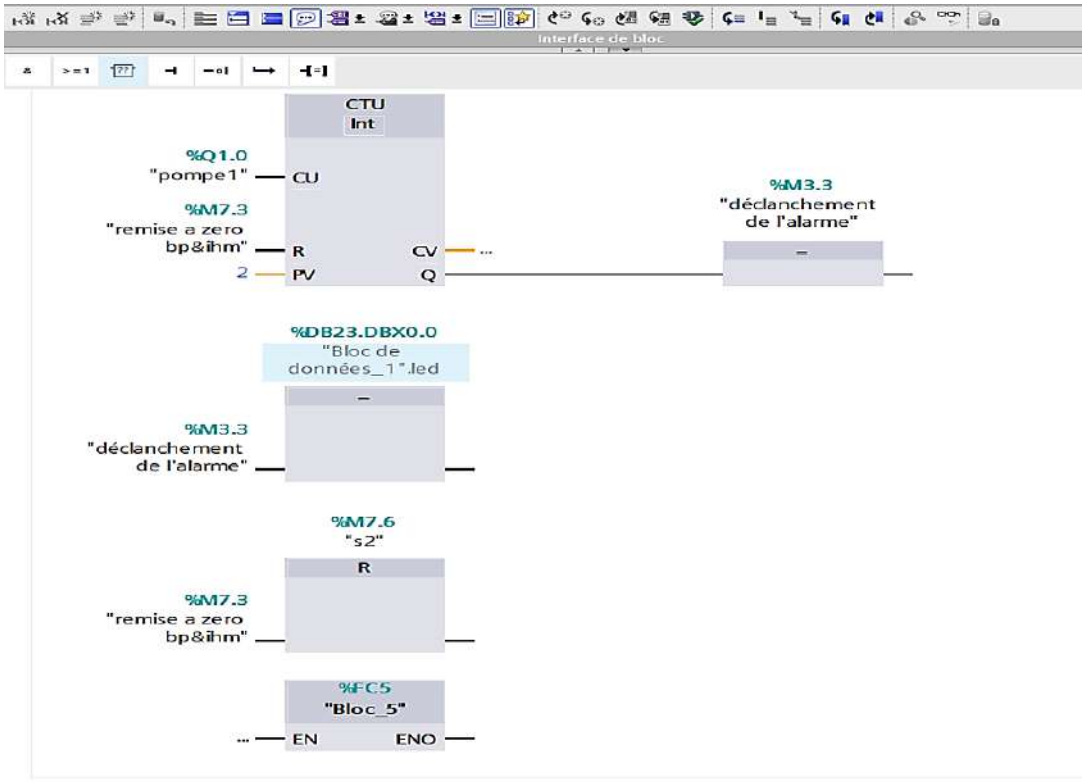


Figure IV. 17: Détection des pannes.

IV.3.4.9 Clignotement de la LED d'alarme des filtres

Ce programme fait clignoter une lampe LED dans la table des voyants pour indiquer qu'il faut remplacer les filtres

Lorsque ce programme est actif tous le système s'arrêté jusqu'au remplacement des filtres et l'indiquer sur l'interface (Figure IV.18).

IV.3.4.10 Programme d'arrêt urgence (OFF)

Lorsqu'on appui sur le bouton OFF, toutes les électrovannes se ferment et les pompes s'éteignent. (Figure IV.19).

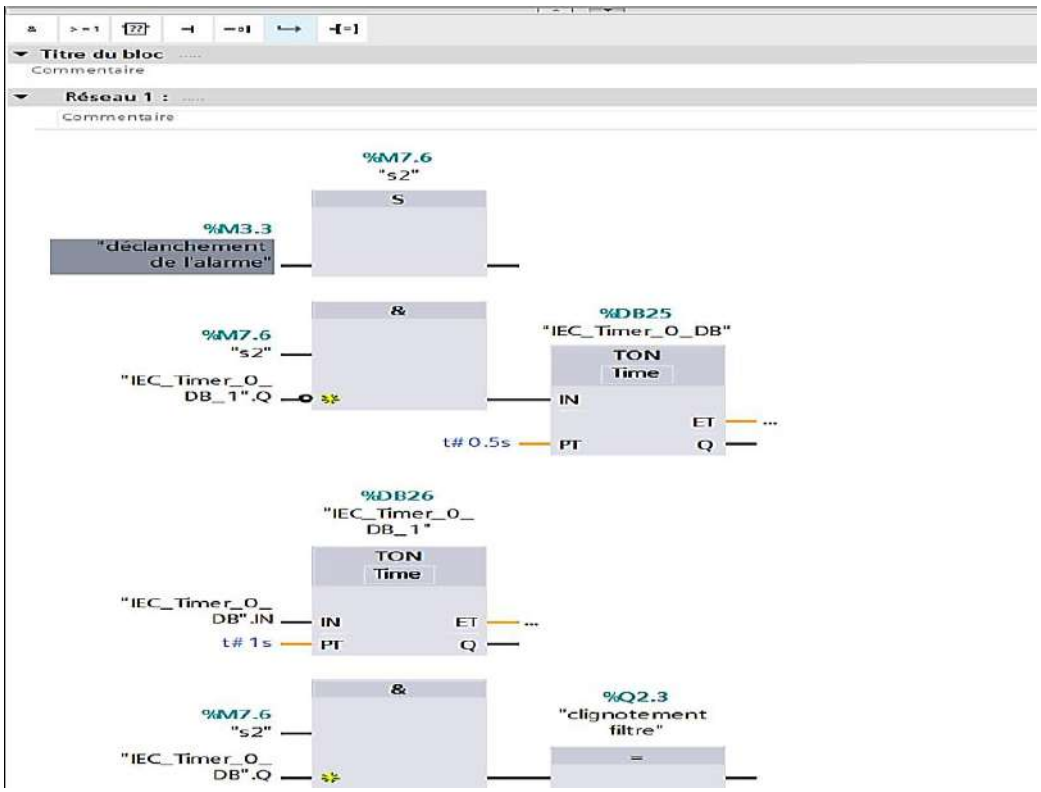


Figure IV. 18: Programme de clignotement de la LED d'alarme.

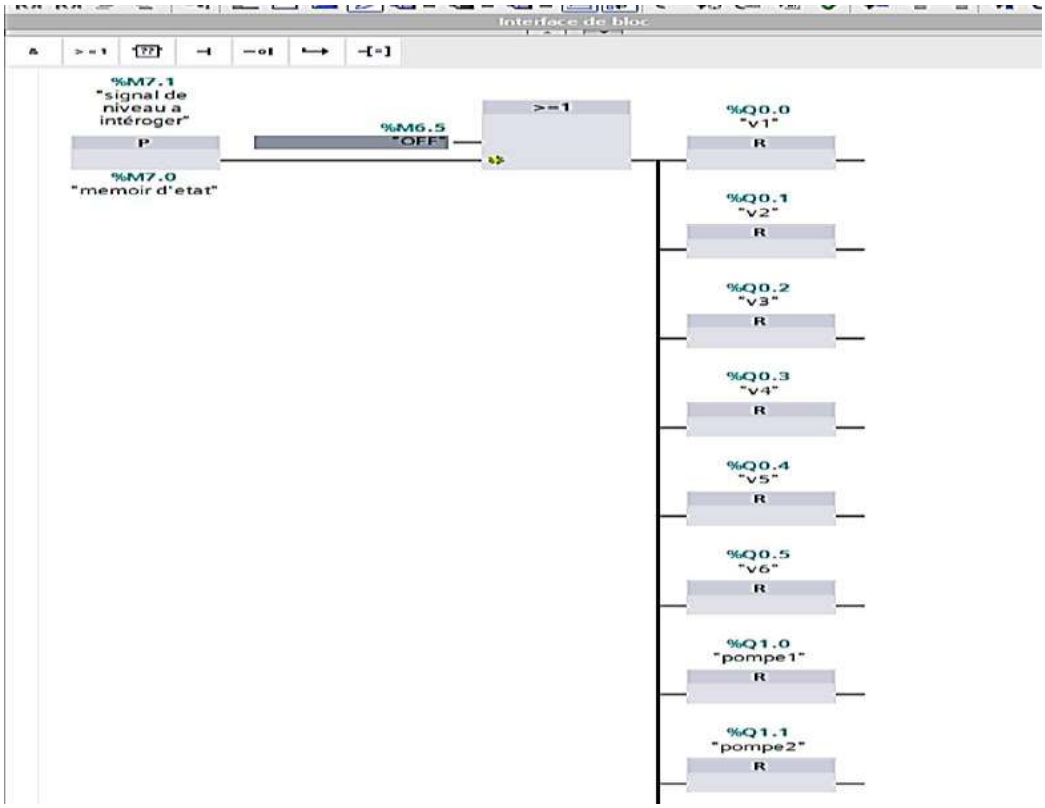


Figure IV. 19: Programme d'arrêt d'urgence.

IV.3.4.11 Animation du niveau d'eau au niveau d'IHM

- **Problématique**

  L'animation du niveau d'eau dans les réservoirs nécessite une conversion d'un signal analogique fourni par un capteur, et comme notre API ne dispose pas d'une entrée analogique, il fallait chercher d'autre solution.

- **Solution**

  Notre solution nécessite plusieurs données (débit des vannes, volume des réservoirs), Ensuite il fallait développer trois programmes esclaves de type (FC) pour chaque réservoir, le programme principal les appelle pour compter la quantité d'eau évacué ou remplis et en parallèle s'occupe de l'animation au niveau de l'IHM. (Figure IV.20).

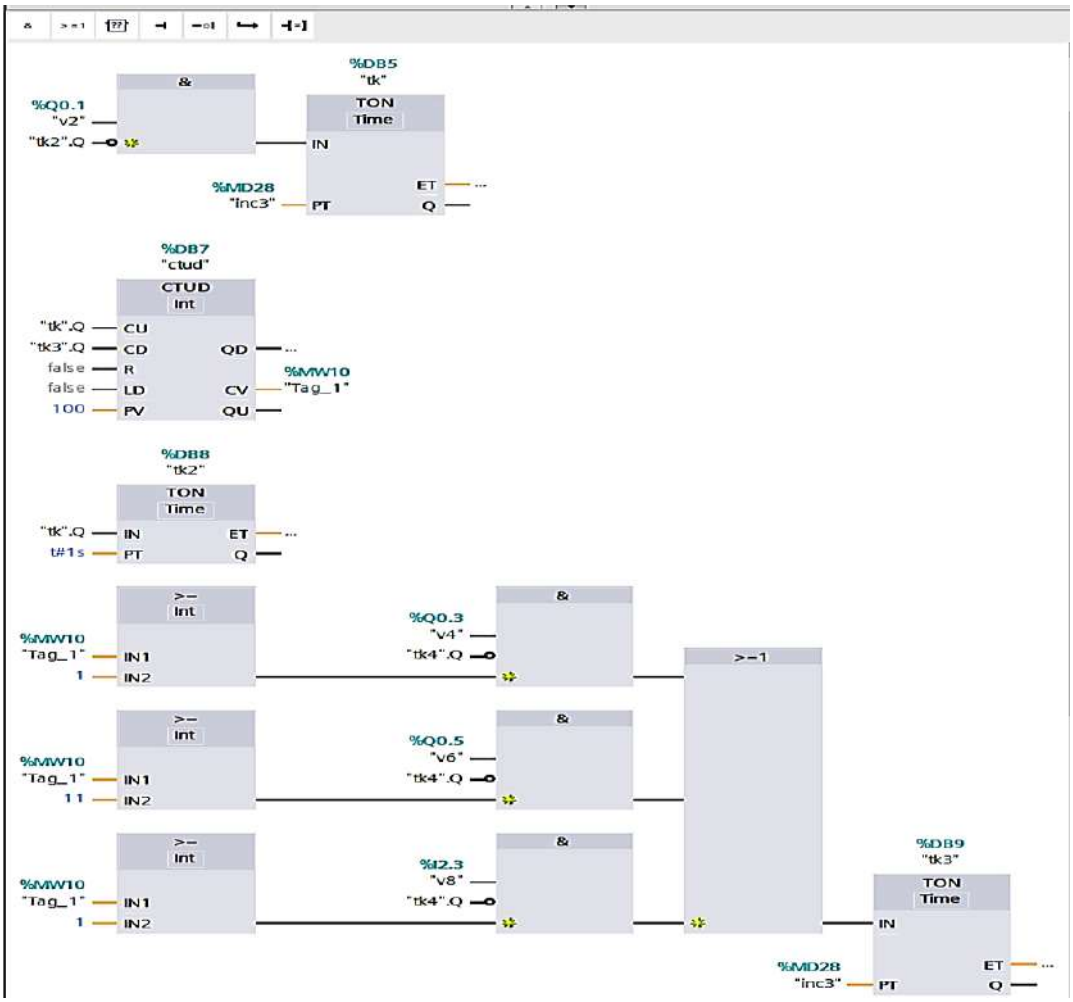


Figure IV. 20: Programme esclave du premier réservoir (FC1).

IV.3.4.12 Programmation des alarmes

La programmation d'une alarme nécessite deux étapes

1/ programmation au niveau de l'automate

2/configuration au niveau de l'IHM

- **Alarme de défaillance des détecteurs**

Pour programmer l'alarme nous allons choisir le bloc de comparaison, tant qu'un défaut est détecté, l'alarme se déclenche. (Figure IV.21).

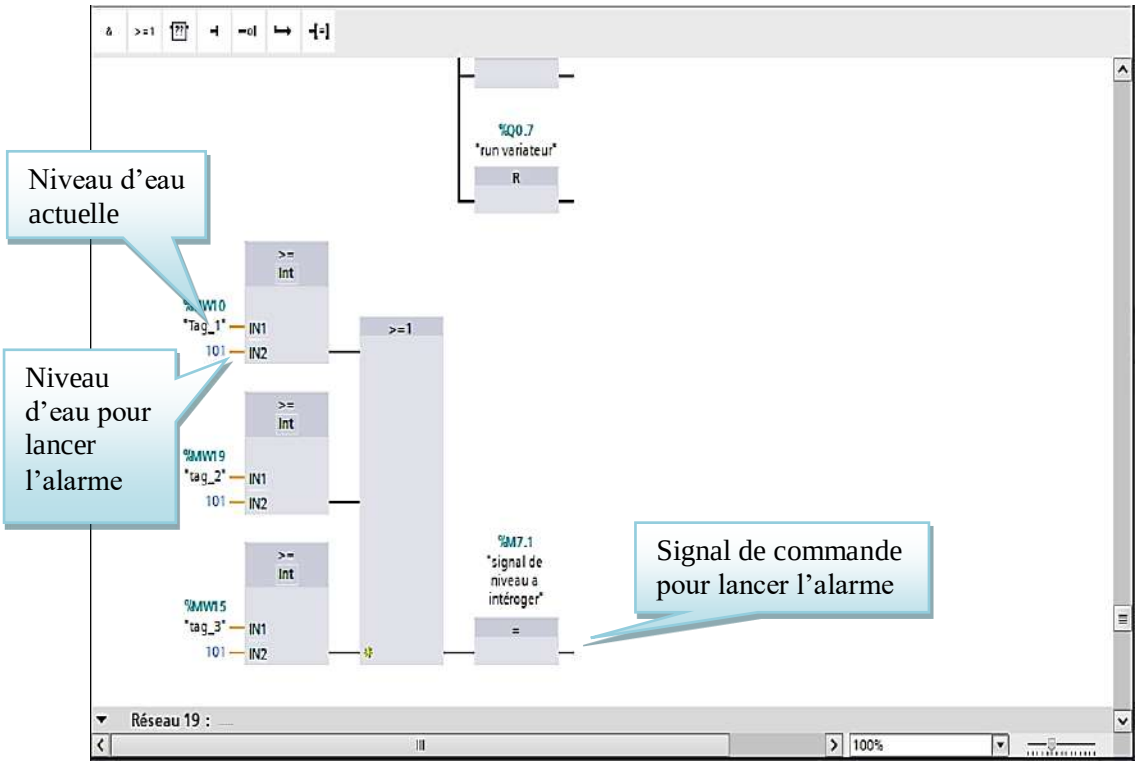


Figure IV. 21: Programme d'alarme de niveau d'eau.

- **Alarme pour la durée de vie des filtres**

Pour programmer l'alarme nous allons choisi simplement un compteur pour compter de combien de fois qu'on peut utiliser ces filtres et qu'on peut configurer ca valeurs depuis l'IHM (Figure IV.22).

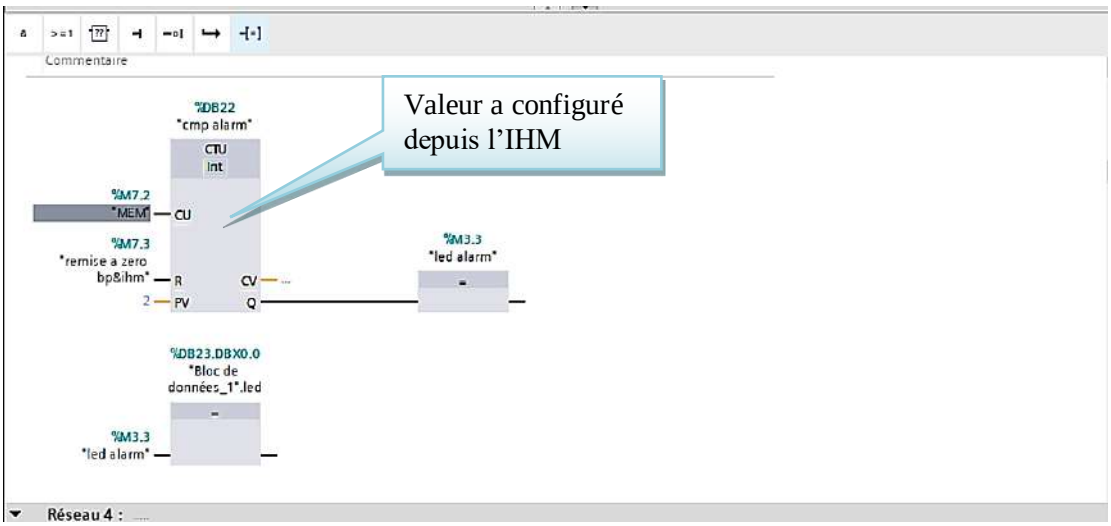


Figure IV. 22: Programme d'alarme des filtres.

IV.3.5 Mise en place de l'IHM

Pour bien contrôler le processus, l'opérateur a besoin d'avoir le maximum de transparence, ce qui lui permet de bien superviser et contrôler l'installation. Cela est possible grâce à l'interface homme machine (IHM), où il est possible de superviser et de contrôler le système à travers une interface installé sur un terminal (écran de PC, écran tactile, …).

Le pupitre de supervision une fois sous réseau permet :

- De visualiser l'état des actionneurs (pompes, vannes) et des capteurs
- D'afficher les alarmes.

-superviser et contrôler le niveau d'eau dans les cuves

-superviser le chemin de circulation de l'eau

IV.3.5.1 Étape de réalisation de l'IHM

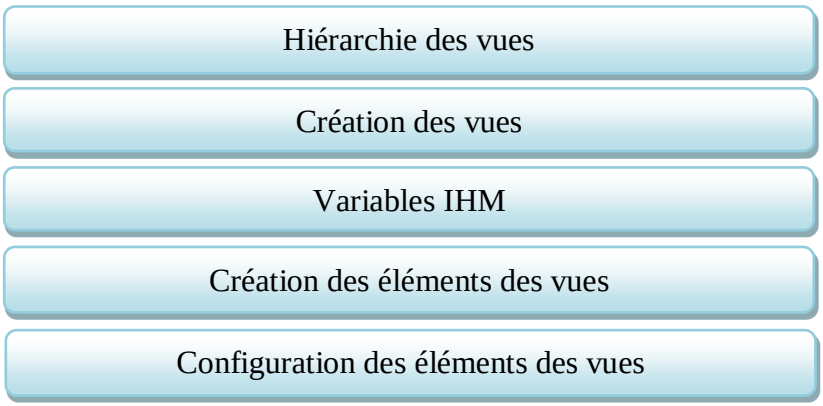


Figure IV. 23: Étapes de réalisation de l'IHM.

IV.3.5.2 Hiérarchie des vues

Notre IHM est constitué de 9 vues, entant qu'ingénieur vous avez le droit à accéder à tous les vues, si l'utilisateur est un opérateur il a le droit d'accéder à deux vues après son identification (passage par la vue choix de l'utilisateur) (Figure IV.24).

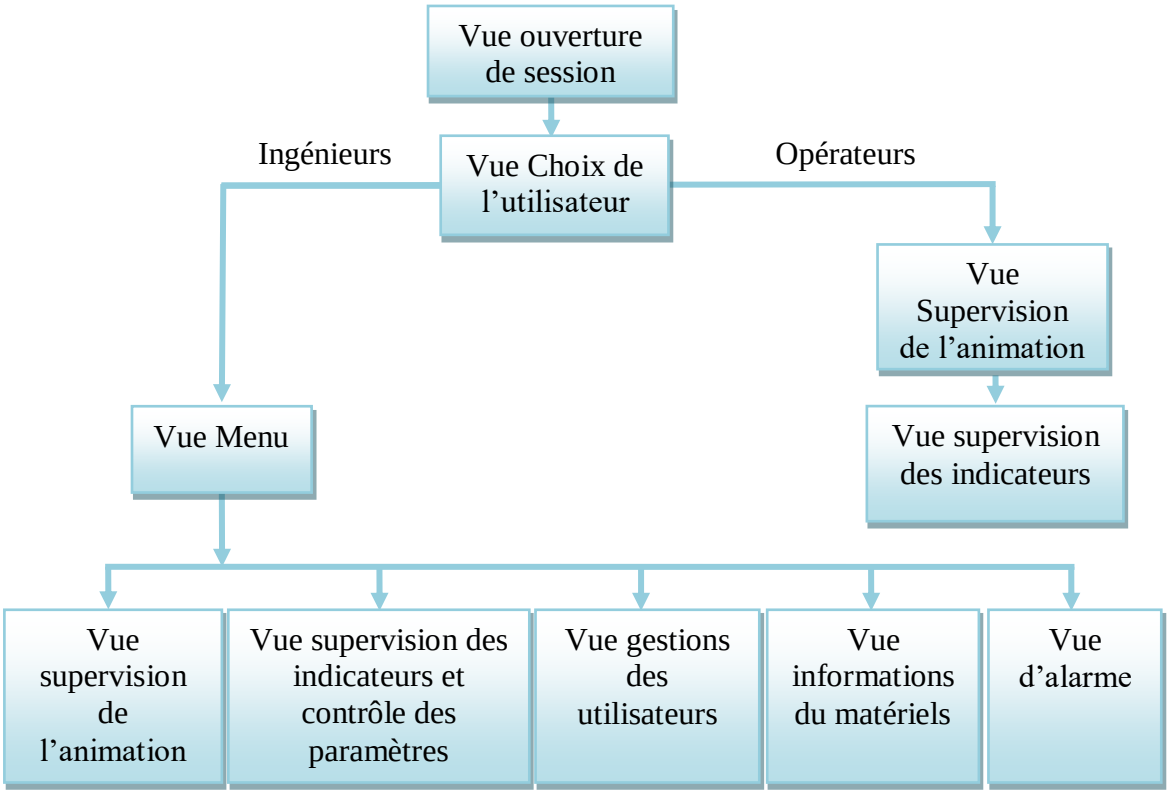


Figure IV. 24: Hiérarchie des vues.

IV.3.5.3 Création des vues :

IV.3.5.3.1 Vue session

Après l'étape de choix de l'appareil, nous pouvons maintenant créer les vues synoptiques à partir de la grande bibliothèque de **WINCC RT** de "SIEMENS". La Figure IV.25 suivante représente la vue session, cette vue crée à partir d'une image personnalisée nécessite un mot de passe de protection pour passer à la prochaine vue.



Figure IV. 25: Vue session.

IV.3.5.3.2 Vue choix de l'utilisateur

Cette vue est principalement de but d'identifier l'utilisateur, on distingue deux types :

- opérateur : il n'a le droit que pour lancer/arrêter et superviser le déroulement du processus
- ingénieur : en plus de l'opérateur il a le droit de configurer plusieurs paramètres (temps de stabilisation des eaux, paramètres des fonctions esclaves) ainsi, il peut changer le mot passes de tous les opérateurs (Figure IV.26).



Figure IV. 26: Vue choix de l'utilisateur.

IV.3.5.3.3 Vue Supervision de l'animation et des indicateurs

C'est la vue la plus importante, elle nous permet de superviser et contrôler le déroulement de tout le système (Figure IV.27) :

- l'état des actionneurs
- l'état des capteurs
-le niveau d'eau
-le chemin de circulation de l'eau

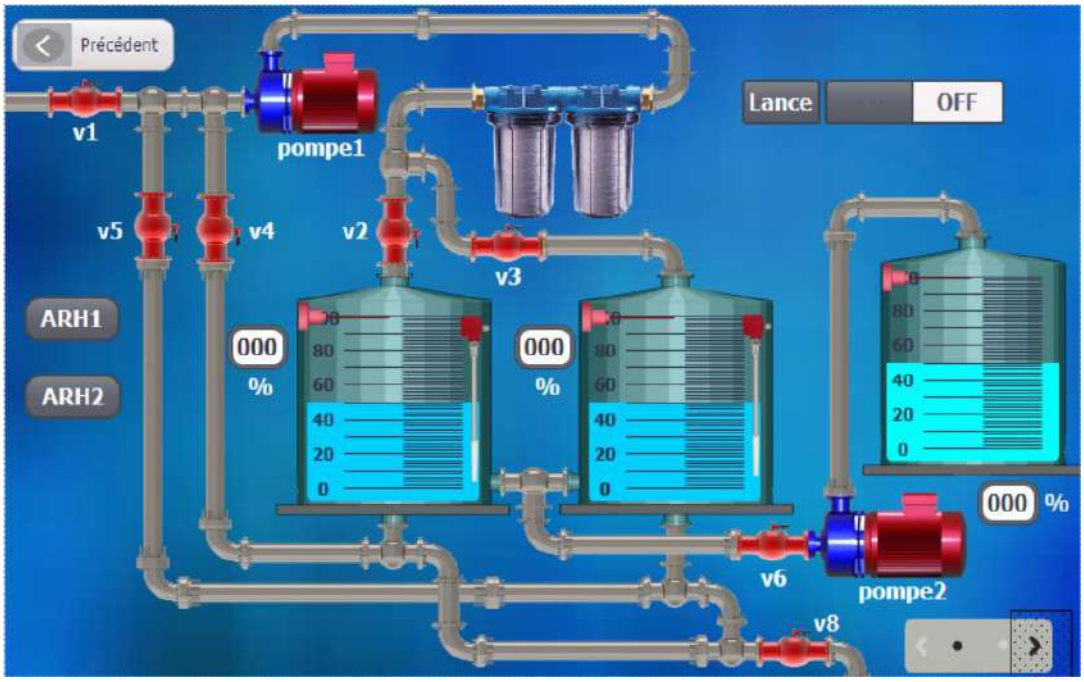


Figure IV. 27: Vue de supervision de l'animation.

IV.3.5.3.4 Vue supervision des indicateurs et contrôle des paramètres

En plus de la supervision cette vue dispose de plusieurs paramètres modifiable (uniquement par l'ingénieur) comme le temps de stabilisation et le TRB1-2 et le TRB3 (le TRB c'est le temps de remplissage) plus le boutons de confirmation (filtres changé) (Figure IV.28).

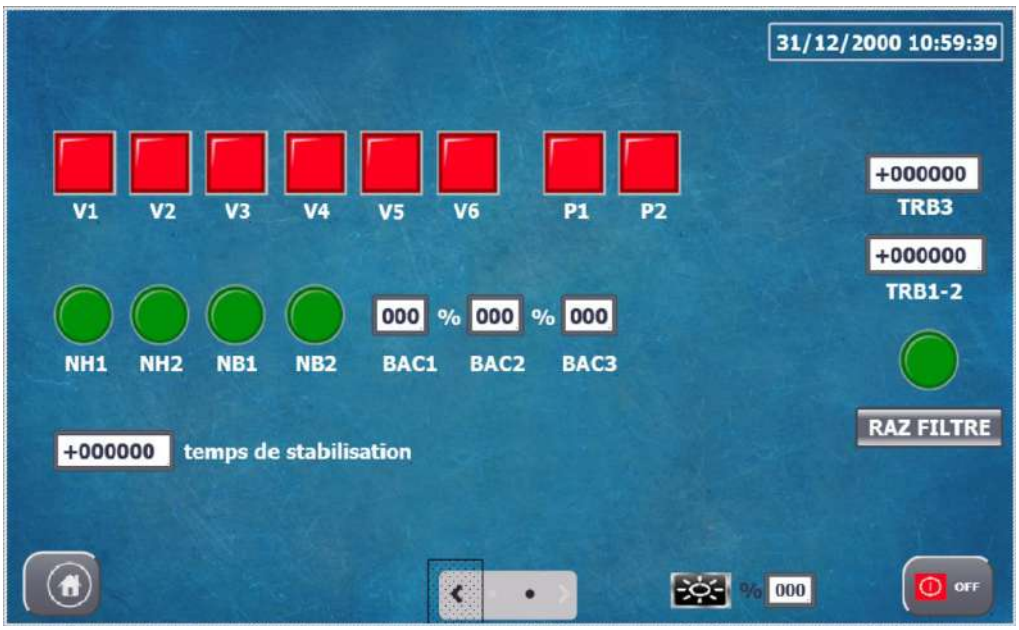


Figure IV. 28: Vue supervisions des indicateurs.

IV.3.5.3.5 Vue Menu

La Figure IV.29 représente un menu qui donne accès aux sept menus de l'IHM réalisé (Tableau)

Tableau IV. 1 description des vues

Vue	Description
Vue alarme	Cette vue nous permet de visualiser tous les alarmes
Vue informations du matériels	Elle contient les références du matériel utilisé
Vue gestions des utilisateurs	Cette vue permet aux utilisateurs ingénieurs à modifier le mot de passes des opérateurs ainsi que le mot de passe d'accès à l'API
Information projet	Cette vue contient une bref description du procédé
Supervision du processus et configuration des paramètres	C'est la vue principale dont l'ingénieur et l'opérateur peuvent contrôler et superviser le déroulement du processus
Diagnostic système API	Elle permet de vérifier l'état des liaisons entre l'API et les périphériques décentralisés et l'IHM et les systèmes se simulations
Taches diverses	Cette vue est essentiellement pour le développement d'une application de supervision à distance

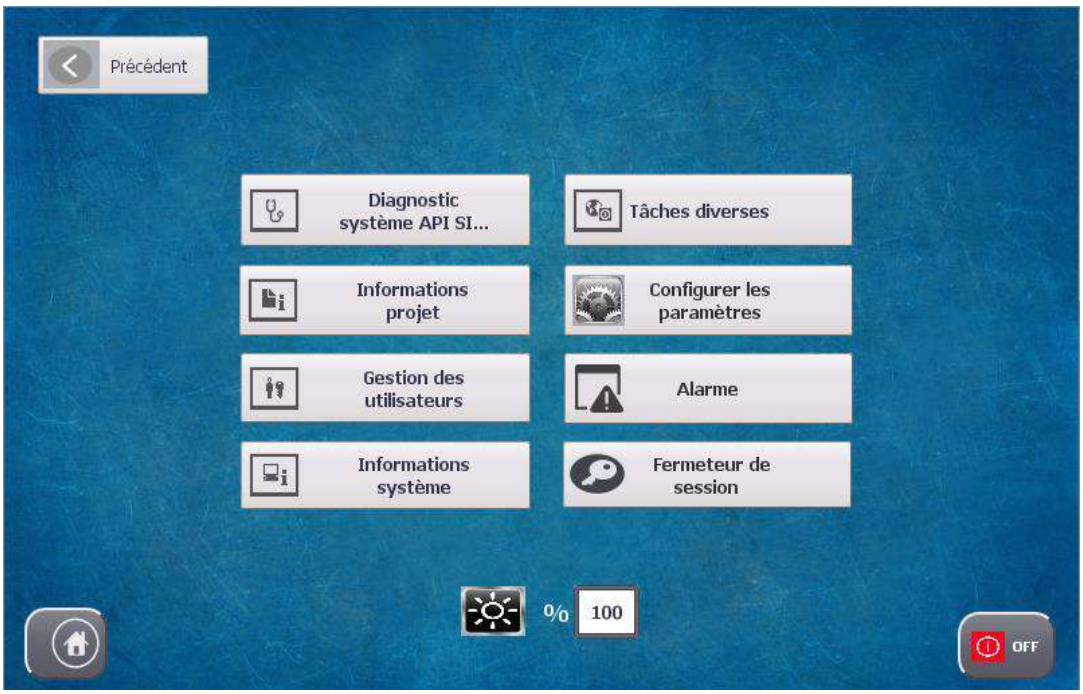


Figure IV. 29: Vue "Menu".

IV.3.5.3.6 Vue alarme

Elle nous permet de visualiser l'état des alarmes, en bleu (résolu) et en rouge (non résolu), ainsi que l'heure de déclenchement d'alarme (Figure IV.30). Les alarmes feront l'objet d'une explication détaillée dans les prochaines sections.



Figure IV. 30: Vue alarmes.

IV.3.5.3.7 Informations projet

Cette vue contient une bref description sur le projet réalisé (Figure IV.31).

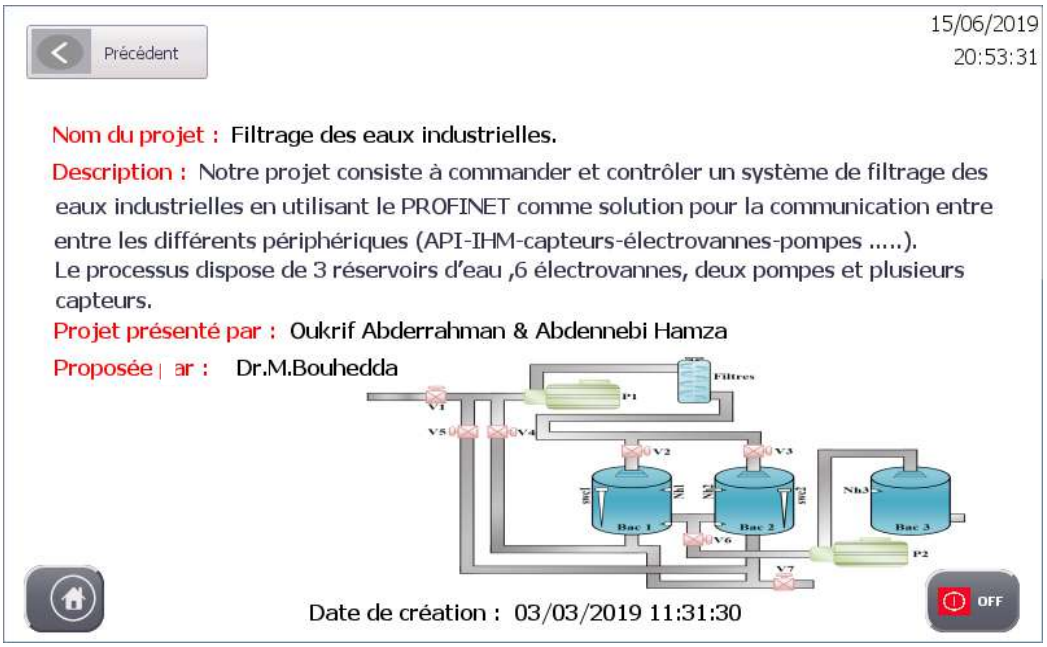


Figure IV. 31: Vue information du projet.

IV.3.5.3.8 Vue informations du matériels

Cette vue contient des références et des informations du matériels utilisés tels que : API, IHM, périphérique décentralisé, le moyen de communication (Figure IV.32).

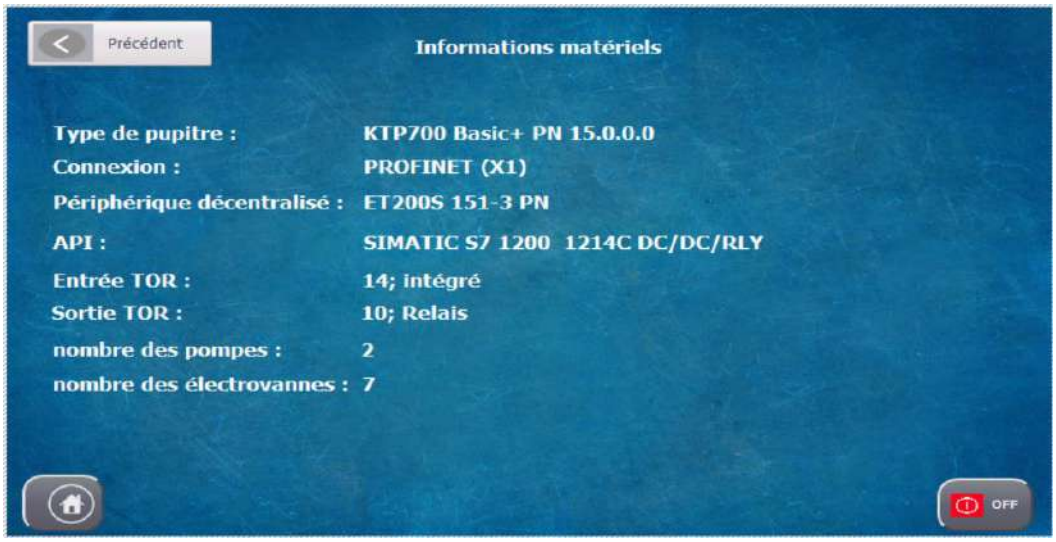


Figure IV. 32: Vue informations du matériel.

IV.3.5.3.9 Taches diverses

Cette vue contient 3 boutons, les boutons EN LIGNE et HORS LIGNE sont essentiellement pour le développement d'une application de supervision à distance et un bouton de transfert pour l'envoi du programme d'IHM en cas de modification (Figure IV.33).

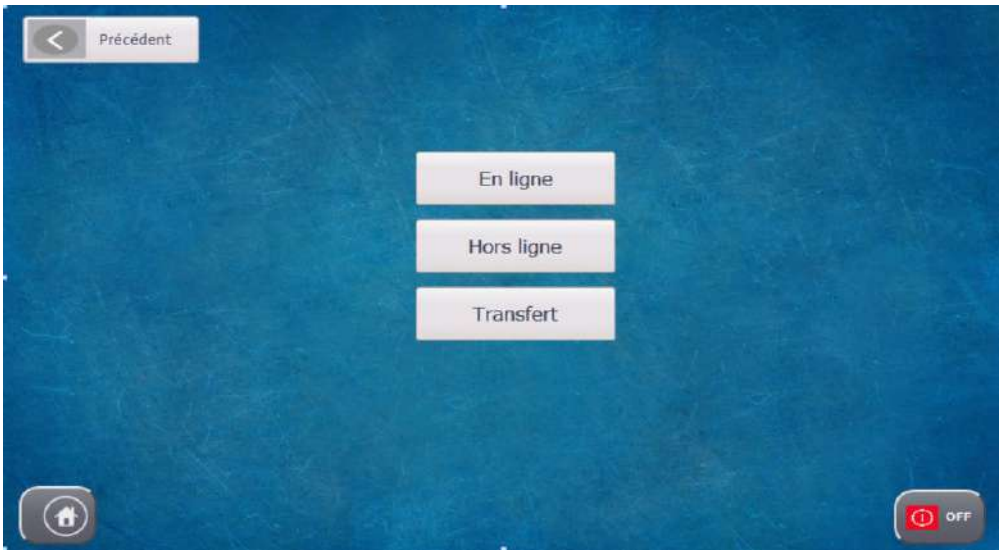


Figure IV. 33: Taches diverses.

IV.3.5.3.10 Vue gestion des utilisateurs

Pour des raisons de sécurité, cette vue permet aux utilisateurs ingénieurs à modifier le mot de passes des opérateurs ainsi que le mot de passe d'accès au programme au niveau de l'API (Figure IV.34).



Figure IV. 34: Vue Gestion des utilisateurs.

IV.3.5.4 Variables IHM

On distingue deux types de variables, les variables externes et les variables internes :

- Les variables externes permettent de communiquer et d'échanger des données entre les composants d'un processus automatisé, entre un pupitre opérateur et un automate.
- Les variables internes ne possèdent aucun lien avec l'automate, elles sont enregistrées dans la mémoire du pupitre [10].

IV.3.5.4.1 Table de variables IHM

Pour configurer les synoptiques et les alarmes de IHM nous avons utilisé 37 variables à partir des variables de l'API, parmi les variables boutons MARCHE/ARRET des pompes, l'état des pompes et les électrovannes. La Figure IV.35 représente une partie de la table des variables de l'IHM.

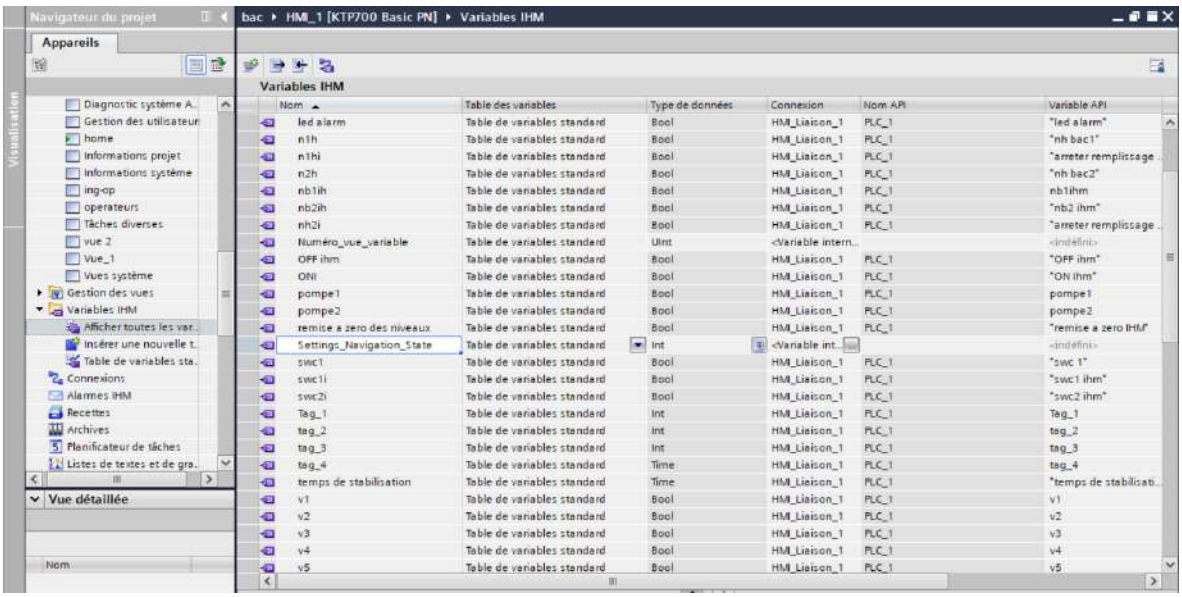
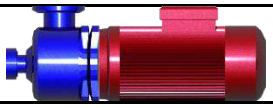
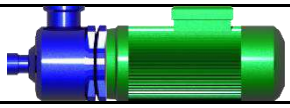


Figure IV. 35: Partie de la table de variables IHM.

IV.3.5.5 Création des éléments des vues

Pour des raisons de résolution et de non disponibilité de tous les éléments nécessaires pour la constitution de notre IHM dans la bibliothèque du TIA PORTAL, il fallait qu'on utilise un logiciel "PHOTOSHOPCS6" pour créer toutes les images dont on a besoin dans les vues telles que pompe ON (en vert), pompe OFF(en rouge), vanne ON (en vert), vanne OFF (en rouge), canalisation vide (en gris), canalisation remplie (en bleu) (Figure IV.36).

Tableau IV. 2: Etats des éléments.

	Etat 0	Etat 1
Popmes		
Détecteurs de niveau		
Filtres		
canalisations		
Vannes		
Détecteur de pureté SWC		

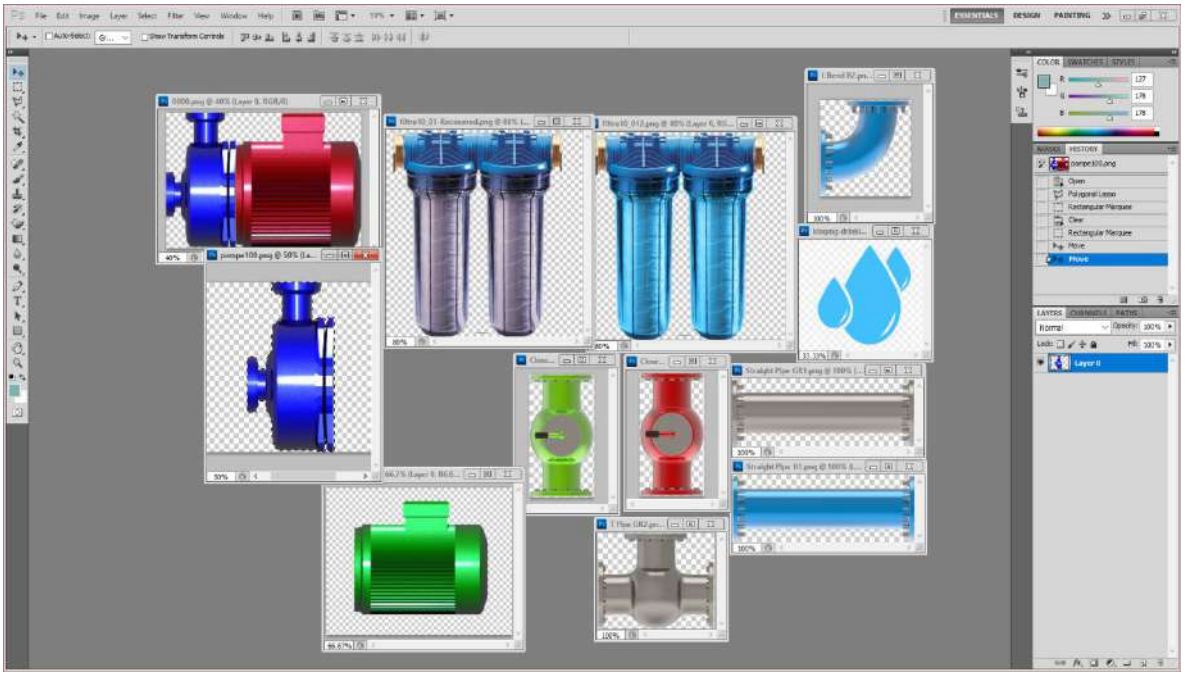


Figure IV. 36: Création des éléments par le logiciel CS6.

IV.3.5.6 Configuration des éléments des vues

IV.3.5.6.1 Configuration des pompes/électrovannes

Animation : Chaque pompe et électrovanne est associée à une sortie de l'API, lorsque la variable de sortie est à "0" le voyant/pompe/électrovanne est représenté en rouge, lorsque la variable est à « 1 » le voyant/pompe/électrovanne est en vert (Figure IV.37).

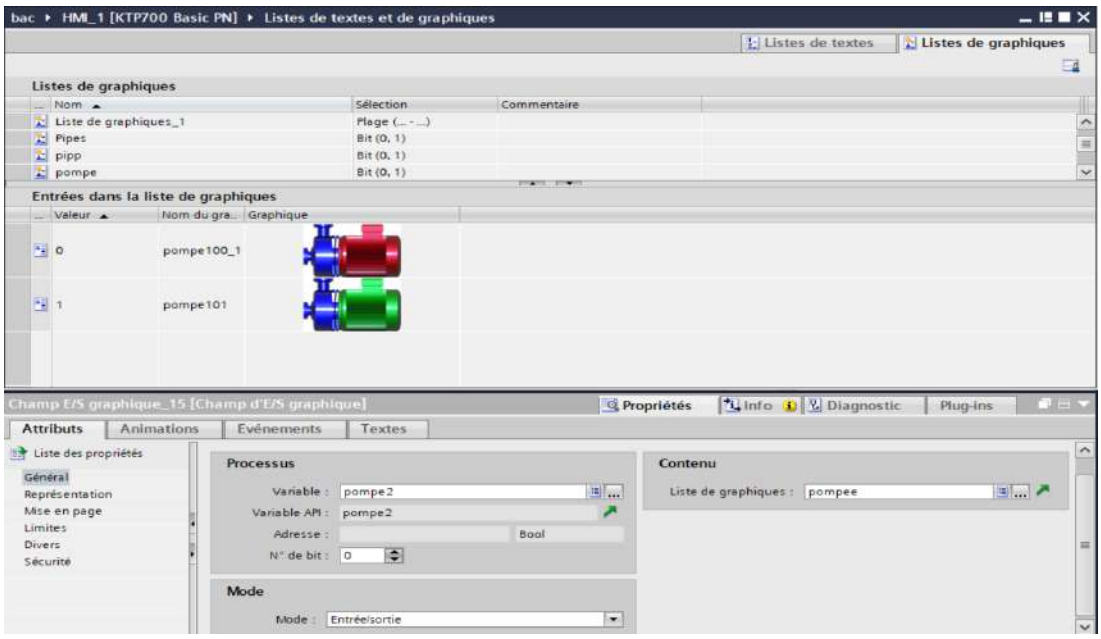


Figure IV. 37: Configuration d'une pompe.

IV.3.5.6.2 Configuration des boutons de vue

Le clic sur un bouton produit un événement associé pour y accéder à une vue (Figure IV.38).

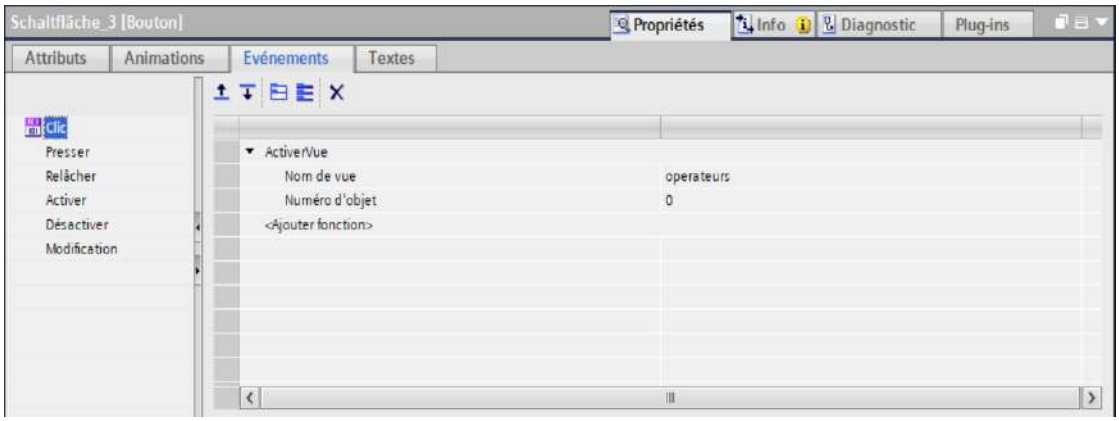


Figure IV. 38: Configuration des boutons de vue.

IV.3.5.6.3 Configuration des boutons

La configuration des boutons dépend du programme, Elle est nécessaire pour définir le type du bouton : un switch ou bien un bouton poussoir.

Evènement : Chaque bouton est associé à un mémento et à un évènement, l'appui sur ce bouton va produire un changement d'état du mémento au niveau d'automate sois à « 1 » ou à « 0 » (Figure IV.39).

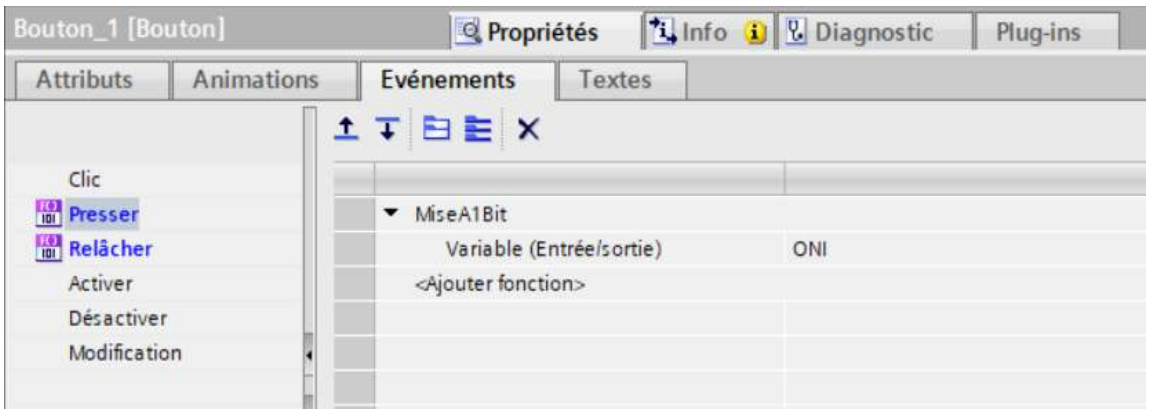


Figure IV. 39: Evènement liée à un bouton.

IV.3.5.6.4 Configuration des alarmes IHM

C'est la deuxième étape après la programmation en automate, l'intérêt de cette étape est d'afficher et faciliter l'identification d'un problème prévu qui peut arriver. La Figure IV.40 représente la configuration d'alarme en IHM.

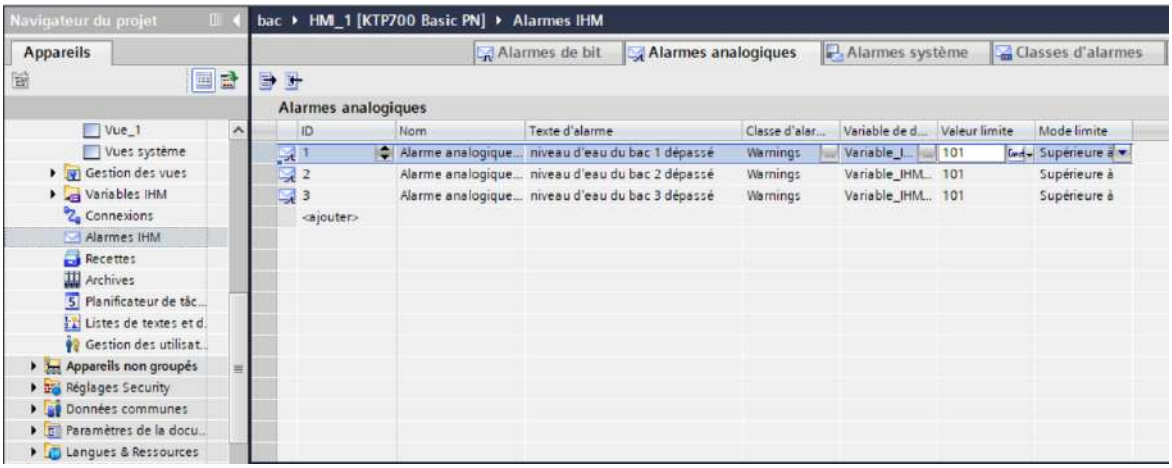


Figure IV. 40: Configuration des alarmes.

IV.4 Tests et résultats

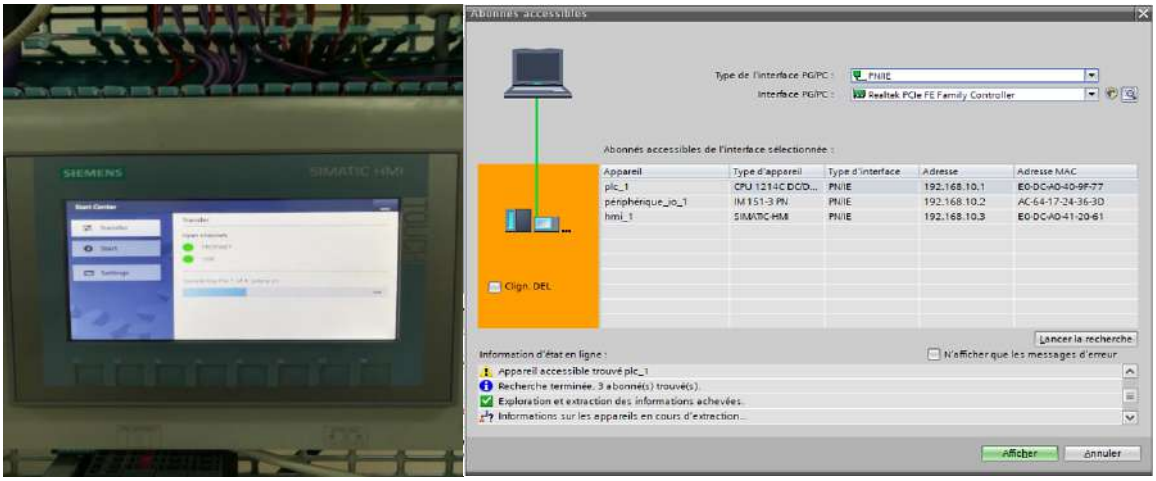
Pour valider le travail réalisé, il est nécessaire de faire des tests en imaginant des scénarios possibles. Dans cette partie, on va lancer trois scénarios et voir les résultats sur l'IHM ainsi que les actions.

IV.4.1 Connexion TIA PORTAL MAQ-NET

Il faut d'abord connecter le pc programmeur avec l'automate et l'IHM pour l'envoi des programmes, la connexion se fait par la liaison des câbles ETHERNET

IV.4.1.1 Envoi du programme vers l'API et L'IHM

La Figure IV.41 montre les différentes étapes pour l'envoi des programmes



(a) (b)

Figure IV. 41: Envoi des programmes.

IV.4.2 Démarrage du système

Pour mettre en marche le système on appuis sur le bouton poussoir S1 de la partie commande du système 1 ou bien le bouton lance au niveau de l'IHM, on remarque que sur l'IHM les vannes V1 et V2 et la pompe P1 deviennent de couleur verte (état ON) et les voyants H1 et H2 s'allument indiquant que la pompe P1 est en état de marche et les électrovannes V1 et V2 sont ouvertes.

Lors de l'ouverture des électrovannes et le démarrage de la pompe le programme principal appelle le programme esclave qui est responsable du calcul du niveau d'eau du premier réservoir (Figure IV.42).

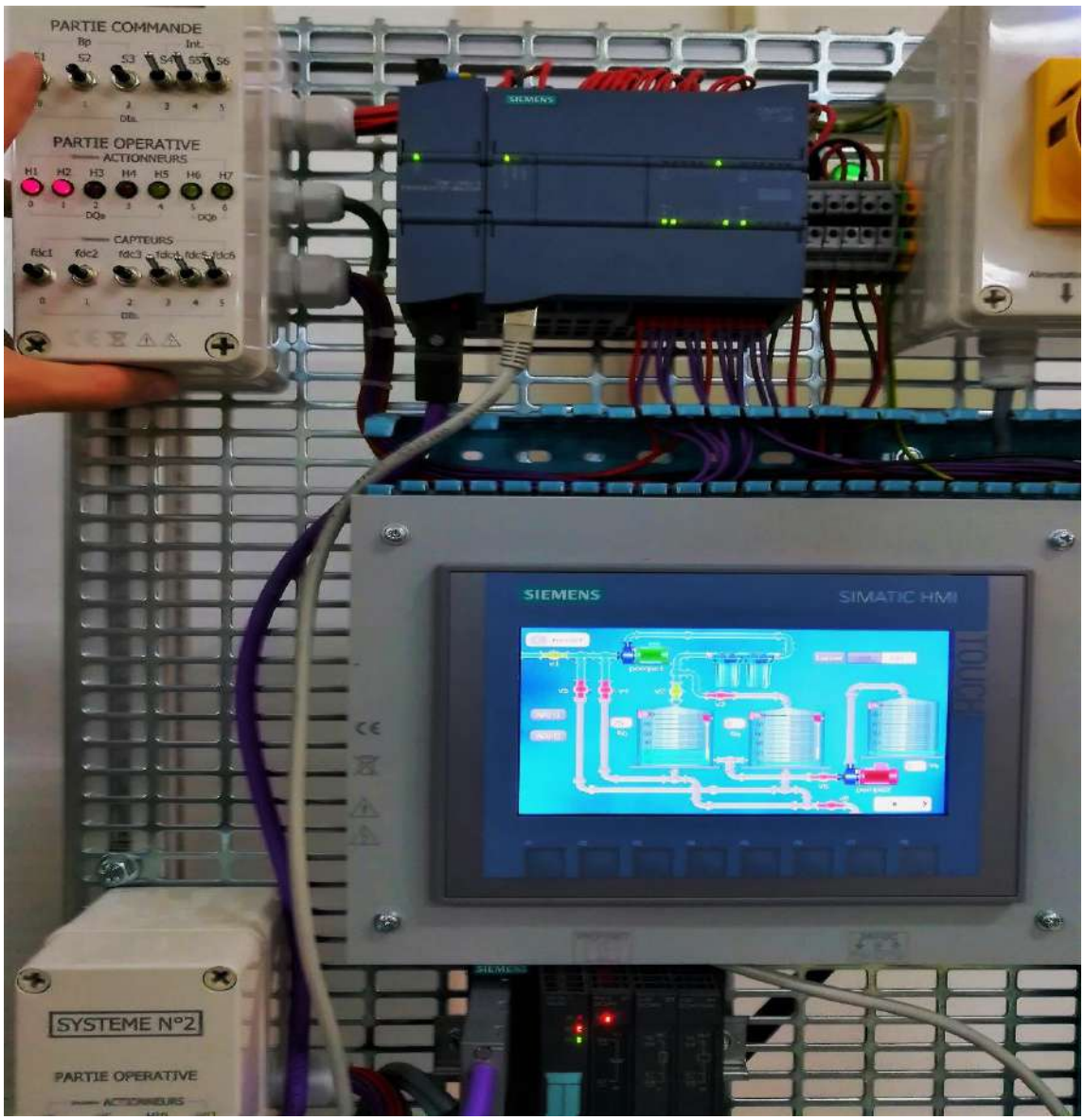


Figure IV. 42: Démarrage du système.

La fermeture des électrovannes et l'arrêt de la pompe s'exécute en 3 cas possible :

- Premier cas : si le niveau d'eau maximale atteint 100% donc le détecteur de niveau est actif (il change sa couleur sur l'IHM).
- Deuxième cas : le niveau d'eau dépasse le niveau maximale et le détecteur en état 0 (il ne change pas sa couleur sur l'IHM).
- Troisième cas : appui sur l'icône ARH (arrêter remplissage) au niveau de l'IHM.

IV.4.3 Les Différents scénarios de déroulement du processus

Le processus peut fonctionner selon 3 différents scénarios

IV.4.3.1 Premier scénario

Le démarrage du système fonctionne selon la description donnée dans ce qui suit, quand le niveau d'eau atteint le niveau maximal selon le premier cas, les électrovannes et la pompes s'arrêtent (Figure IV.43)

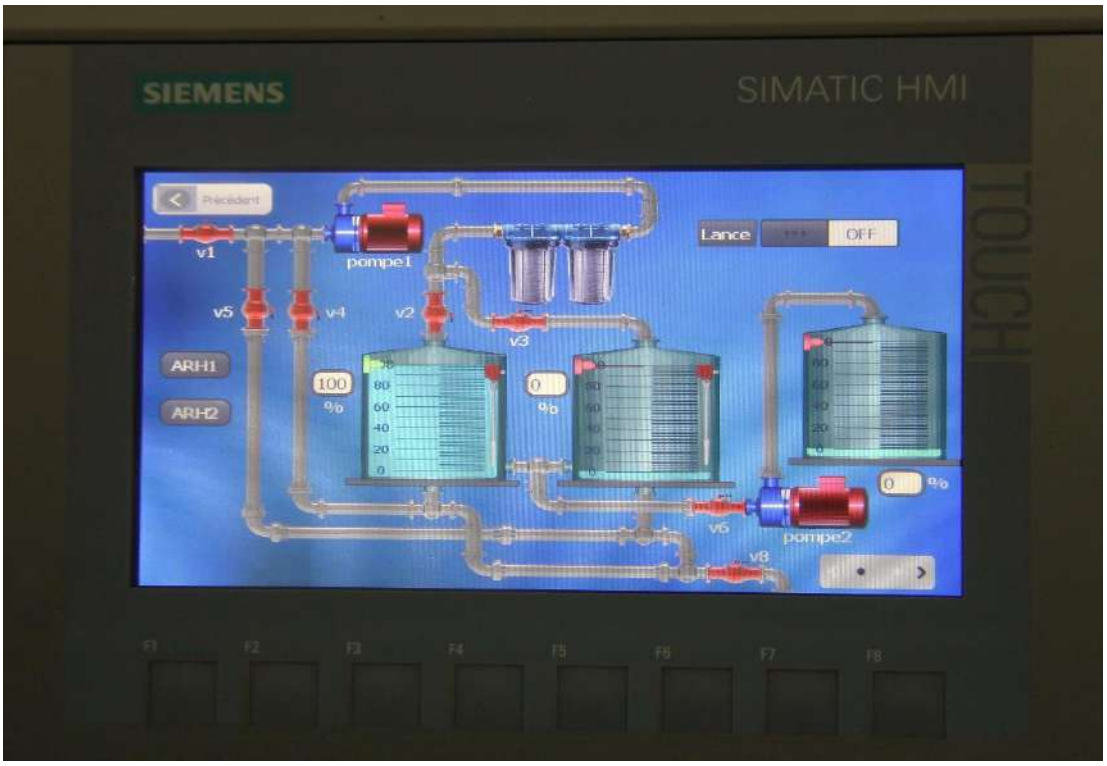


Figure IV. 43: IHM montrant Bac 1 rempli

Maintenant le système dispose d'un temps de repos pour la stabilisation des eaux (ça valeur est configurable depuis l'IHM) avant de prendre en considération l'état du capteur de pureté des eaux (Sensor Water Clear).

- Si le capteur est actif il change sa couleur et devient vert au niveau de l'IHM, la vanne V6 s'ouvre (la LED H6 s'allume) et la pompe P2 démarre pour évacuer 90% des eaux du premier bac vers le troisième bac, il faut penser à ne pas vider totalement le réservoir afin de ne pas évacuer les précipitations vers l'autre réservoir (Figure IV.44 et IV.45).

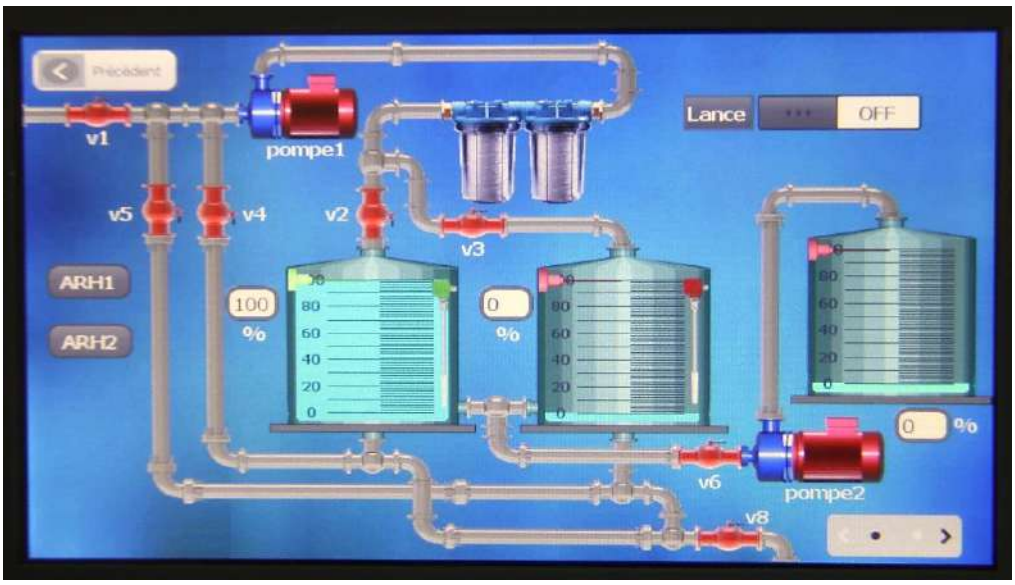


Figure IV. 44 : Prendre en considération l'état du capteur SWC

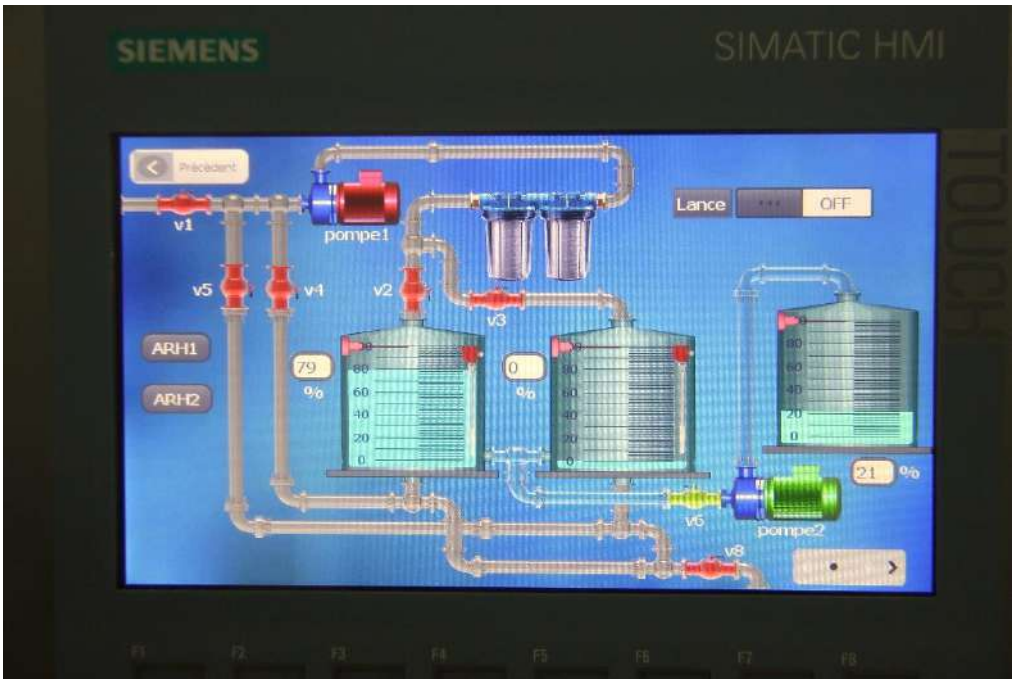


Figure IV. 45 : Evacuation du bac 1 vers bac 3

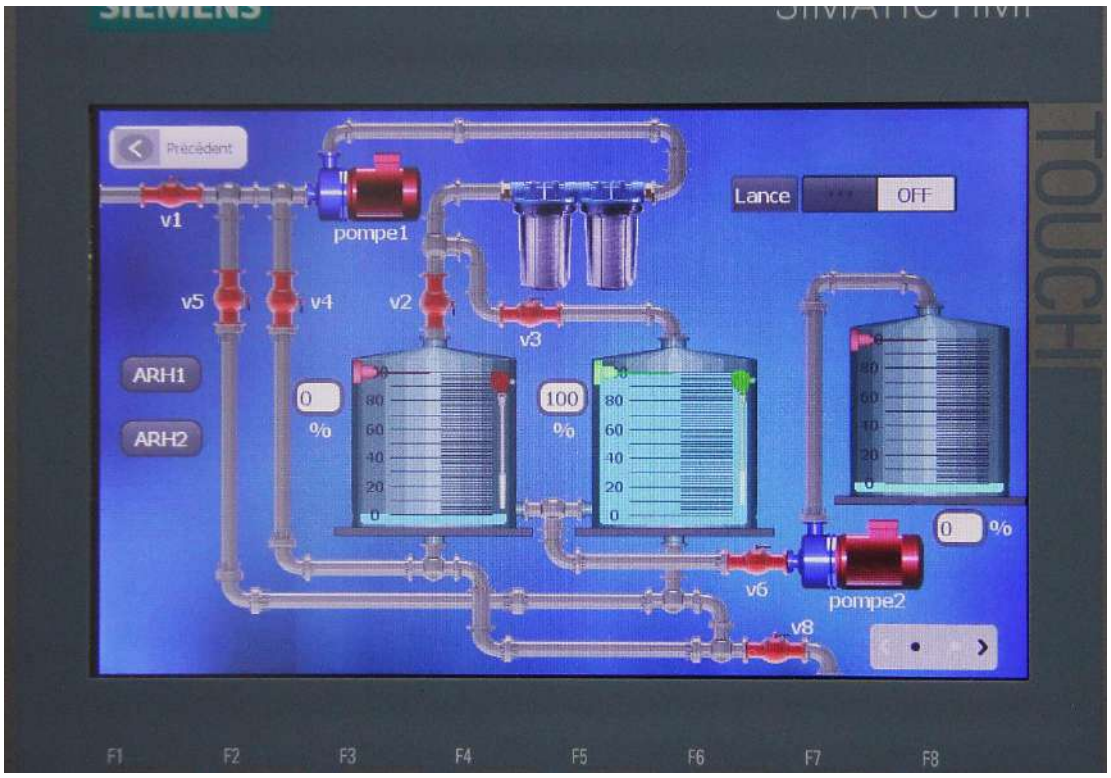
- Si le capteur fourni l'état zéro (pas de changement de couleur au niveau de l'IHM), les vannes V3 et V4 s'ouvrent (les LED H3 et H4 s'allument) et la pompe P1 démarre pour refiltrer l'eau et l'évacuer vers le bac 2 (Figure IV.46).



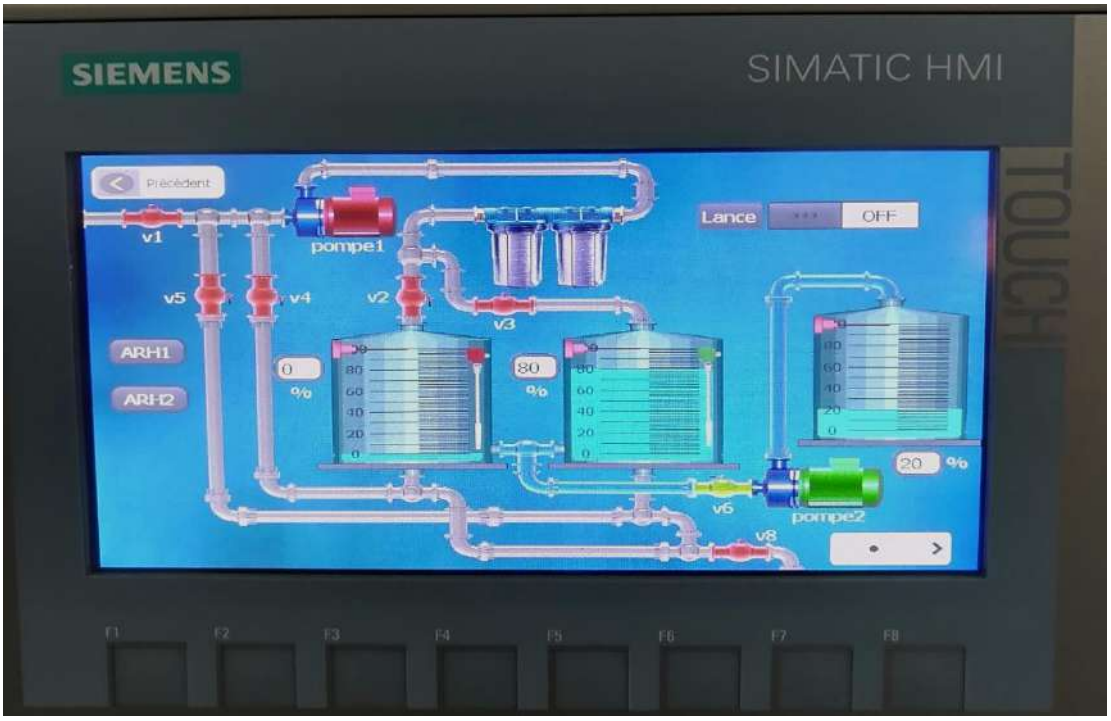
Figure IV. 46: Refiltrage du bac 1 vers bac 2

Les mêmes étapes s'appliquent quand le deuxième réservoir est rempli.

- Si le capteur est actif il change sa couleur au niveau de l'IHM, la vanne V6 s'ouverte, la LED H6 s'allume et la pompe 2 démarre pour évacuer 90% des eaux du premier bac vers le troisième bac (Figure IV.47) (Figure IV.48).



(a)



(b)

Figure IV. 47: Evacuation de l'eau du bac 2 vers bac 3.



Figure IV. 48: LED H6 indicatrice d'état de la vanne 6.

- Si le capteur fourni l'état zéro (il ne change pas sa couleur au niveau de l'IHM), les vannes 2 et 5 s'ouverte (les LED H2 et H5 s'allument) et la pompe 1 démarre pour refiltrer les eaux et l'évacuer vers le deuxième bac 1 (Figure IV.49).



Figure IV. 49: Refiltrage du bac 2 vers bac 1.

IV.4.3.2 Deuxième scénario

Quand le niveau d'eau dépasse le niveau maximal au niveau du premier ou le deuxième bac, toutes les vannes se ferment, les pompes s'arrêtent et une alarme se déclenche au niveau de l'IHM. Cette alarme indique que le niveau d'eau est dépassé et que le détecteur de niveau ne fonctionne plus (il ne peut plus donner une information afin d'arrêter le remplissage) et une lampe clignote au niveau du système 3 de la MAQ-NET indiquant qu'il y'a une erreur. Donc il faut remplacer le détecteur et vidanger le réservoir afin que ce dernier soit rempli au niveau maximal autorisé (100%) pour continuer les prochaines étapes de l'opération de filtrage (Figure IV.50 et IV.51et 52).

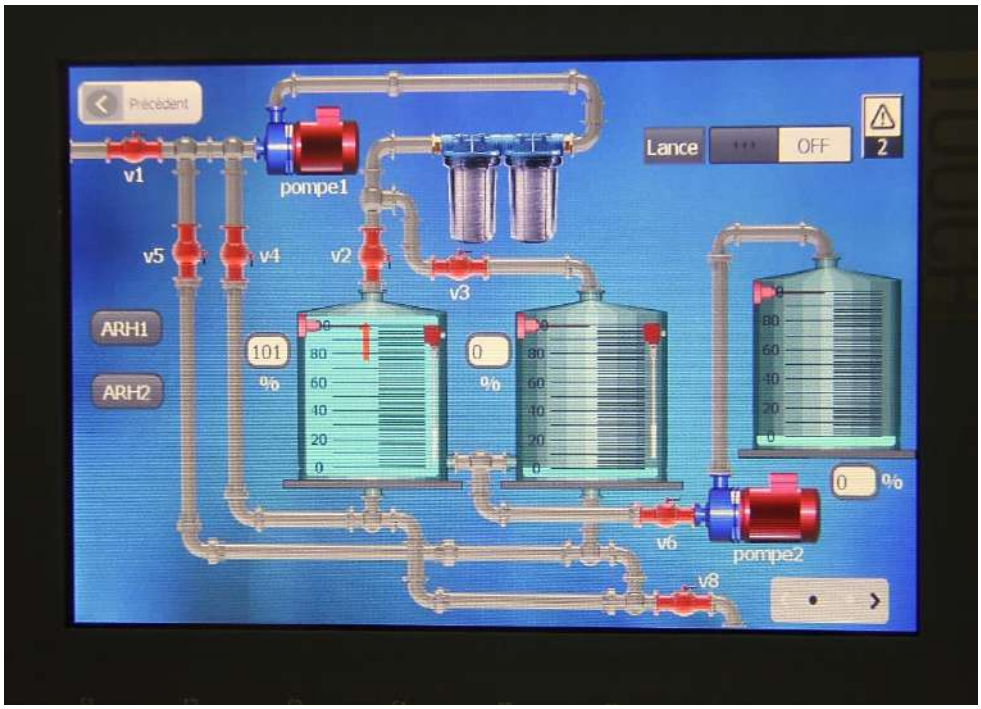
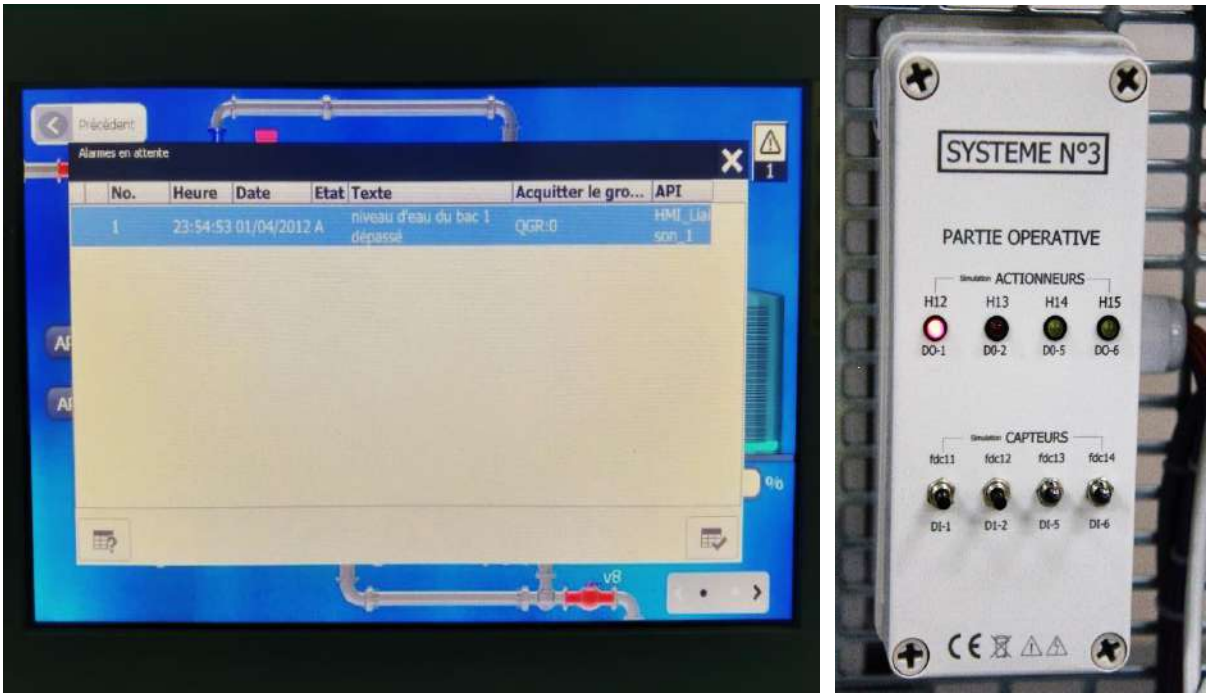


Figure IV. 50: Dépassement du niveau maximal autorisé.



(a) (b)

Figure IV. 51: Déclenchement de l'alarme (a et b)**.**

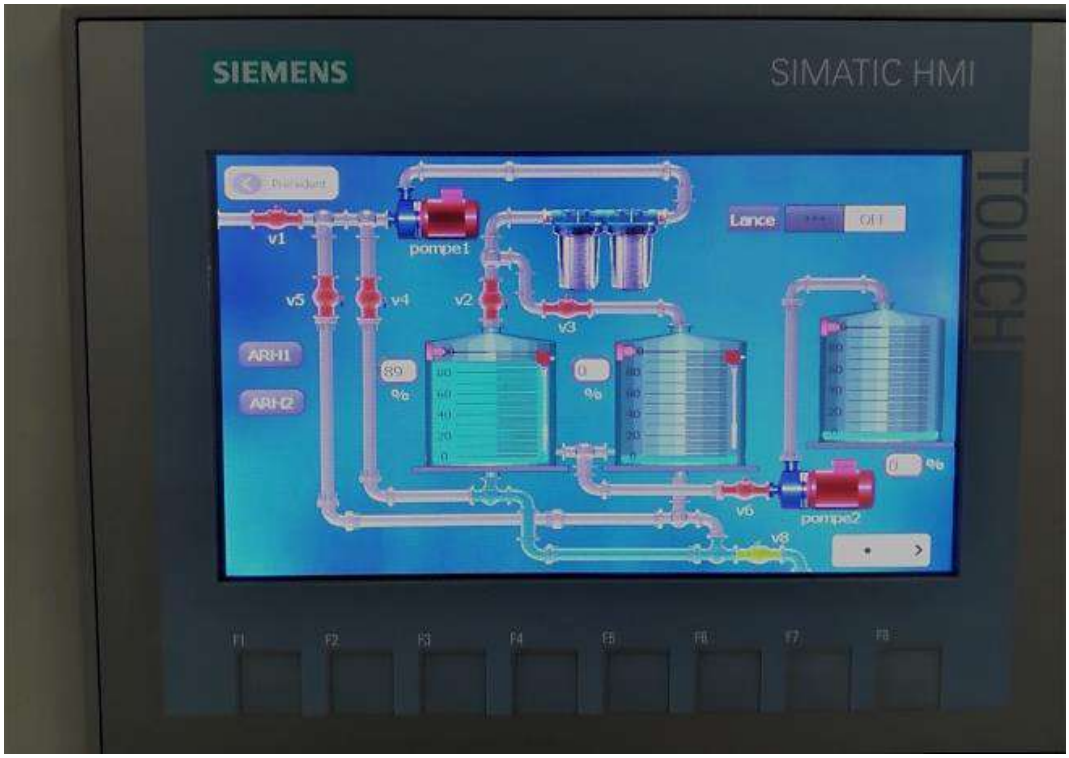


Figure IV. 52: Vidange du réservoir.

IV.4.3.3 Troisième scénario

Il existe un bouton sur l'IHM pour arrêter le remplissage du bac 1 ou bac 2 n'importe quel moment, lors de l'appui sur ce bouton, il faut confirmer que c'est le niveau souhaité on appuyant sur le bouton poussoirfdc11 du premier système, c'est pour éviter le dépassement du niveau maximal au niveau du bac 3 (Figure IV.53).

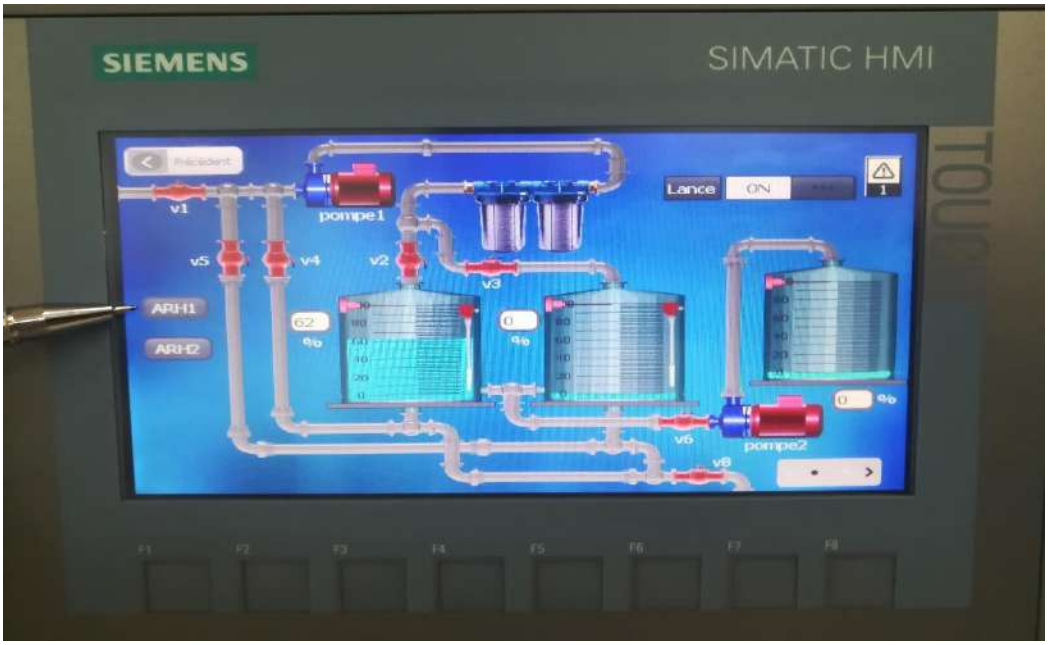
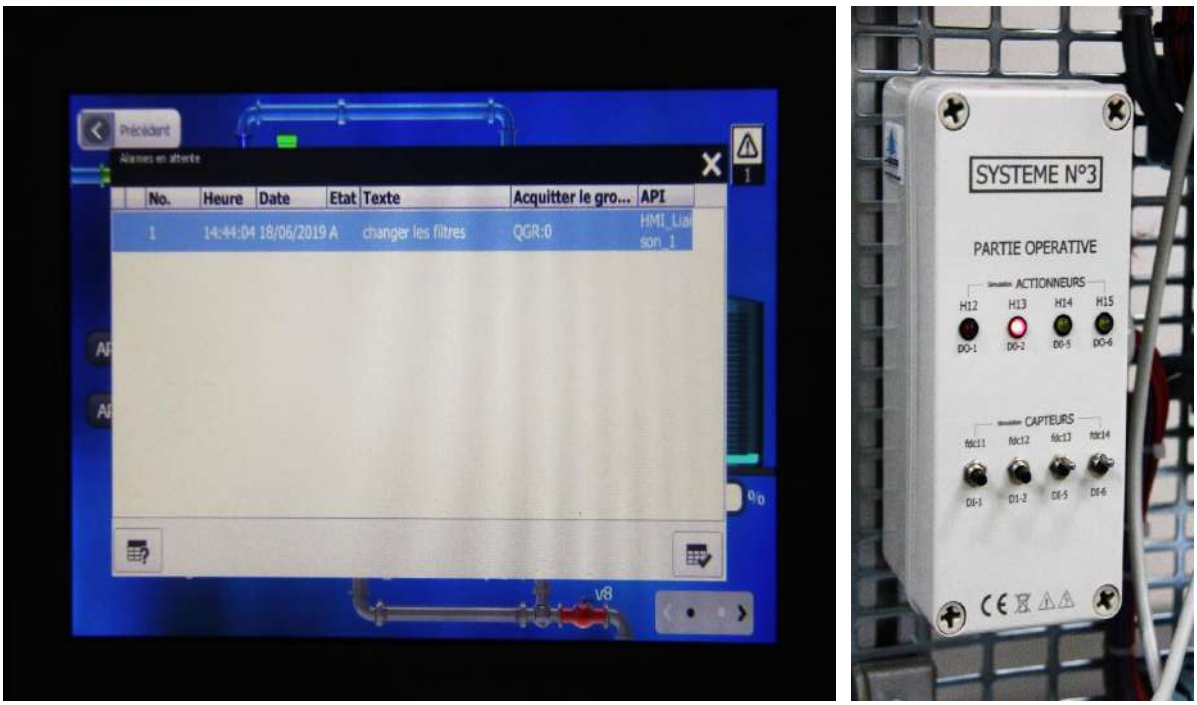


Figure IV. 53: Arrêt du remplissage au niveau souhaité**.**

IV.4.3.4 Durée de vie des filtres

Après la N^{ème} opération de filtrage (valeur modifiable), une alarme se déclenche sur l'écran indiquant qu'il faut changer les filtres et une lampe H15 clignote au niveau du système 3.Le système ne pourra pas se relancer jusqu'au remplacement des filtres et la confirmation sur l'écran on appuyant sur le bouton RAZ FILTRE (Figure IV.54 et Figure IV.55).



(a) (b)

Figure IV. 54: déclenchement de l'alarme (a) et (b)



Figure IV. 55: Bouton de confirmation RAZ FILTRE.

IV.5 Conclusion

On a pu mettre en œuvre un programme de l'API et l'IHM sous une configuration PROFINET pour le contrôle et la supervision du système proposé. Le cahier des charges a été respecté et des tests à travers plusieurs scenarios ont permis de valider l'implémentation réalisée.

Conclusion générale

Ce travail de fin d'étude s'inscrit dans le cadre de l'automatisation et supervision d'un procédé de filtrage. À cette fin, nous avons commencé par prendre connaissance des bus de terrain PROFINET, l'exploration précise sur le logiciel TIA PORTAL V15 nous a permet de programmer le fonctionnement de l'unité filtration et d'en récupérer les états des variables qui nous intéressent pour créer notre interface homme-machine (IHM). Un programme personnalisé basé sur l'automate S7-1200 a été développé pour résoudre les problèmes liés à la sécurité du personnel et aux tâches répétitives.

L'utilisation du Protocole de communication PROFINET rend plus facile la configuration, supervision, contrôle et maintenance de notre système à distance (modifier la commande via un réseau local et Internet).

Lors de l'élaboration on s'est trouvé face à non disponibilité d'un module d'entrée des signaux analogique au niveau de notre API ce qui nous a poussé à utiliser une fonction de calcul de la quantité d'eau passé par la vanne pour la simulation du niveau d'eau.

En achevant ce travail, on a utilisé des outils et logiciel dans le domaine des API et réseaux industriels ce qui nous permis la maitrise de la configuration du réseau Profinet et la programmation avancée des API et IHM

Nous espérons avoir posé la première pierre concernant l'industrie 4.0 ce qui donnera une impulsion à la recherche et la maitrise des nouvelles technologies dans cet axe, en vue d'une contribution à la modernisation de l'industrie et contribuer ainsi au développement de notre pays.

Comme perspectives à notre travail, on peut envisager une implémentation de notre système sur un environnement réel et connecter la solution API-IHM-Réseau à internet afin de faire la supervision, contrôle et maintenance à distance sans l'obligation d'être sur place.

Références bibliographiques

[1] J.-C. ORSINI, « Collection technique. Cahier technique. N’ 197. Bus de terrain ». mars-2000.

[2] S. Electric, *Guide des solutions d’automatisme : Schémathèque*, Edition 2007, Institut Schneider Formation, 2006.

[3] « La topologie des réseaux ». [En ligne]. Disponible sur: http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:nb1RIhZ5ozsJ:hautrive.free.fr/reseaux/architectures/topologie-des-reseaux.html+&cd=1&hl=fr&ct=clnk&gl=dz. [Consulté le: 16-juin-2019].

[4] P. ATELIN, *Réseaux informatiques : notions fondamentales : normes, architecture, modèle OSI, TCP/IP, Ethernet, Wi-Fi*,... Editions ENI, 2009.

[5] « Cours Réseaux Locaux Industriels, chapitre 9 ». Schneider Electric, 2016.

[6] « Solutions de réseaux pour PROFIBUS ». SIMATIC NET, Siemens, Avril-2008.

[7] J. WEIGMANN ET G. Kilian, *Decentralization with PROFIBUS DP/DPV1: Architecture and Fundamentals, Configuration and Use with SIMATIC S7*, 2nd Revised and Enlarged Edition, 2003 edition. Erlangen: PUBLICIS, 2004.

[8] M. Popp, *the New Rapid Way to PROFIBUS DP: (from DP-V0 to DP-V2)*. PROFIBUS NUTZERORGANISATION, 2003.

[9] R. PIGAN ET M. Metter, *Automating with PROFINET*, Har/Cdr edition. Erlangen: Wiley VCH, 2006.

[10] L. Luca ET W. Peter, *2 ème Edition. Les 5 principales technologies COMPARAISON DES SYSTÈMES. PROFINET, POWERLINK, EtherNet/IP, EtherCAT, SERCOS III*, vol. Volume 6. 2013.

[11] « Tutorial PROFINET IO - AGILiCOM ». [En ligne]. Disponible sur: https://www.agilicom.fr/tutorial-PROFINET-IO.html?fbclid=IwAR27PR_zrgt_yfmUuI5KyBxg08HAVmZWUmVjypsMUrOynHDnVXnwDWNnzns. [Consulté le: 10-juin-2019].

[12] « PROFINET Description du système ». SIEMENS, mars-2012.

[13] I. BENDELLA et I. BELAHBIB, « Automatisation d'un four à gaz dans une unité de traitement de GPL » Mémoire de master, Université Ouargla en Algérie, 2016.

[14] W. Bolton, *Les automates programmables industriels*. Paris : Dunod, 2010.

[15] « SIEMENS, documentation technique et manuel des automates S7-1200 «SIEMENS, Fiche technique 6AG1214-1BG40-2XB0 ».2016. ».

[16] N. ABDELHAK et M. A. KELLOU, « Conception d'un système de comptage automatisé à l'usine FCI : Partie automatisation par API S7-1200 », 2016.

[17] « SIEMENS, documentation technique et manuel, Module d'interface IM151-1 BASIC (6ES7151-1CA00-0AB0) ,07/2008. ».

[18] « SIEMENS, documentation technique et manuel, Module d'interface IM151-3 PN (6ES7151-3AA23-0AB0), 08/2010 ». .

[19] « SIEMENS, documentation technique et manuel, Module de communication CM 1243-5, 06/2017 ».

[20] S. MELLALI, L. Yousfi, et H. HADDAR, « Etude de l'automatisation et de la supervision d'un procédé de lavage de filtres Niagara à CEVITAL» », Mémoire de master, Université Bejaia Abderrahmane Mira en Algérie, 2017.

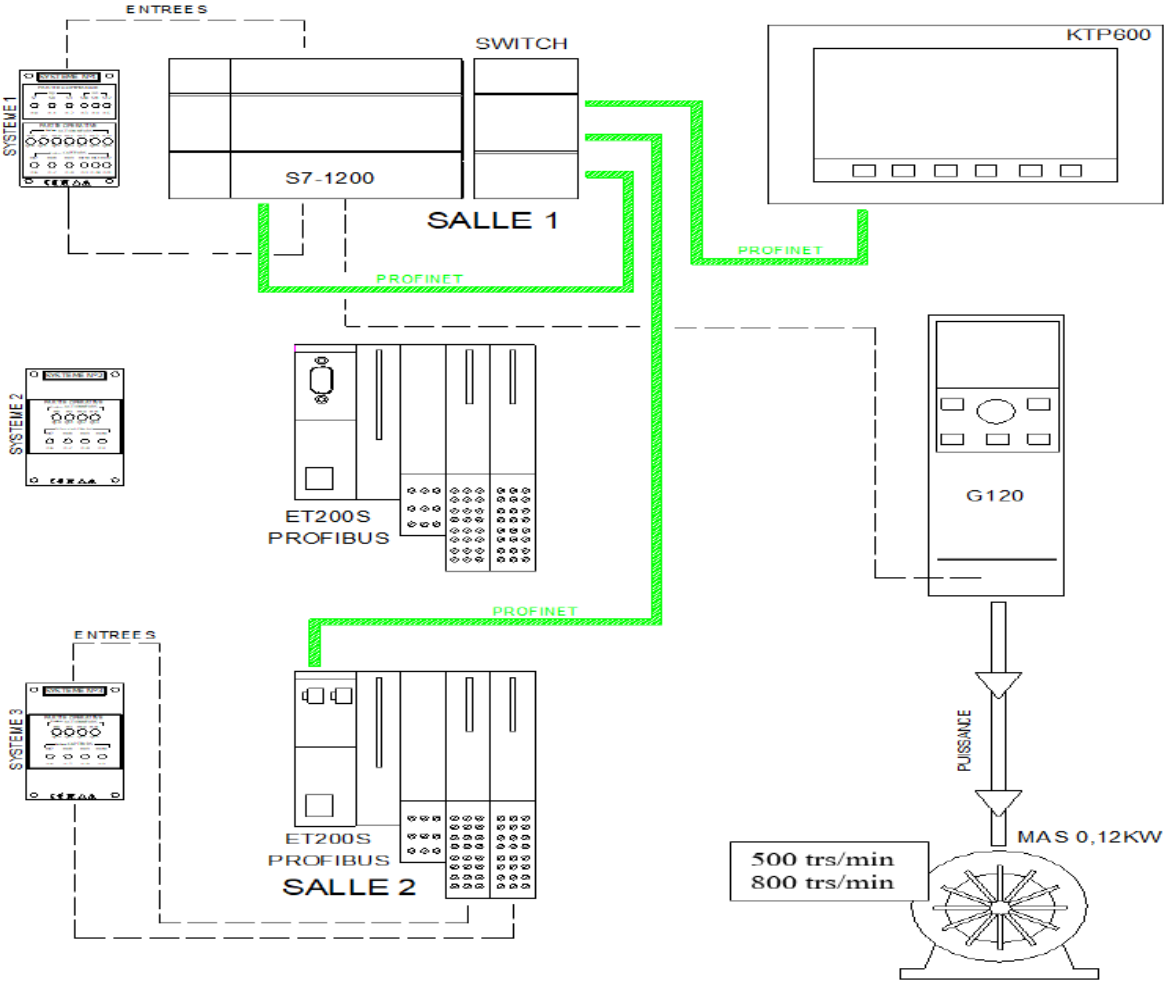
[21] *SIMATIC STEP 7 dans le portail TOTALLY INTEGRATED Automation Portal*, Novembre 2012. Siemens AG.

[22] N. ABDELHAK et M. KELLOU, « « Conception d'un système de comptage automatisé à l'usine FCI : Partie automatisation par API S7-1200 » », Mémoire de Master, Université Ouargla en Algérie, 2016.

ANNEXES

Annexe A :

Schéma : Établissement d'une liaison API / IHM /IM151-3 PN



موضوع: الإشراف والتحكم في النظام الصناعي باستخدام أتمتة S7-1200 من نوع سيمنس وباستخدام نواقل الاتصالات الصناعية PROFINET وشاشة التحكم:تطبيق على محطة معالجة المياه

ملخص

الهدف من العمل المقدم في هذا الموضوع هو، من ناحية، المساهمة في وضع تصور كامل لنماذج المحاكاة بنظام آلي ومن ناحية أخرى، تطوير واجهة آلة بشرية للإشراف والتحكم وتطبيقها باستخدام تقنيات البرمجة المتزامنة. تتعلق الحالة التي تمت دراستها في هذا الموضوع بالتحكم في نظام يدير محطة تصفية المياه استنادًا إلى ناقل اتصال PROFINET لتحقيق هذا الهدف، يتم استخدام برنامج TIA PORTAL لبرمجة حاسب صناعي S7-1200 من نوع سمنس وكذلك لتكوين واجهة شاشة تحكم(IHM).

الكلمات المفتاحية: أتمتة،حاسب صناعي(API)، شاشة تحكم(IHM)، البرمجة،TIA PORTAL .

Theme: Supervision and control of an industrial system around a SIEMENS S7-1200 PLC using the PROFINET Industrial Communication Bus and the HMI: Application to a water treatment plant

Abstract

The aim of this work is, on the one hand, to contribute to the complete conceptualization of simulation models with automated system and on the other hand, to develop a human machine interface for the supervision and the control as well as the implement using concurrent programming techniques. The case studied in this topic concerns the control of a system that manages a water filter station based on the PROFINET communication bus. To achieve this objective, the TIA PORTAL software is used to program a SIEMENS S7-1200 PLC and to set up a Human Machine Interface (HMI) for control and supervision.

Keywords: Automation, PLC, HMI, PROFINET, programming, TIA porta

Thème: Supervision et contrôle d'un système industriel autour d'un API S7-1200 de SIEMENS en utilisant les Bus de communication industriels PROFINET et l'IHM : Application à une station d'épuration d'eau

Résumé

L'objectif de ce travail, d'une part, de contribuer à la conceptualisation complète de modèles de simulation à système automatisé et d'autre part, de développer une interface homme machine pour la supervision et le contrôle ainsi que les implémenter en utilisant des techniques de programmation concurrente. Le cas étudié, dans ce thème, concerne la commande d'un système qui gère une station de filtrage d'eau en se basant sur le bus de communication PROFINET. Pour aboutir à cet objectif, le logiciel TIA PORTAL est utilisé pour la programmation d'un automate SIEMENS S7-1200 et la mise en place d'une Interface Homme-Machine (IHM) pour le contrôle et supervision.

Mots clés : Automatisation, API, PROFINET, programmation, HMI, TIA portal.